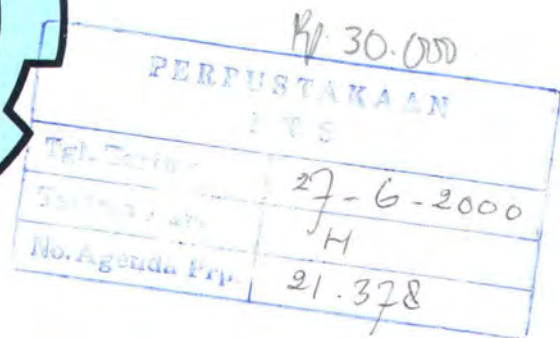


**TUGAS AKHIR (NA 1701)**

**ANALISA TEKNIK PEMAKAIAN CATAMARAN  
UNTUK KAPAL PENYAPU RANJAU SEBAGAI SARANA  
PENUNJANG KEAMANAN WILAYAH PERAIRAN  
INDONESIA**



RS Pe  
623.025  
Rid  
a-1  
1999



**Disusun oleh :**

**ACHMAD ZAKKY RIDWAN**

**N R P : 4194.100.068**

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
1999**



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA TEKNIS PEMAKAIAN CATAMARAN UNTUK KAPAL PENYAPU RANJAU SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEAMANAN WILAYAH PERAIRAN INDONESIA

Diajukan Sebagai Prasyarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

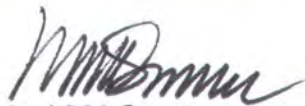
Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, <sup>23</sup>..... Nopember 1998  
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. IGM Santosa  
NIP 130 359 269

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

---

**SURAT KETERANGAN REFISI TUGAS AKHIR**

Menerangkan bahwa, mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Achmad zakky Ridwan  
N R P : 4194. 100. 068  
Dosen Pembimbing : Ir. IGM Santosa  
Judul Tugas Akhir :

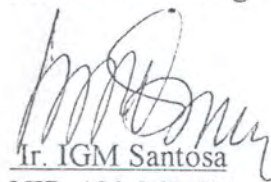
**ANALISA TEKNIK PEMAKAIAN CATAMARAN UNTUK KAPAL PENYAPU  
RANJAU SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEAMANAN WILAYAH  
PERAIRAN INDONESIA**

telah melakukan perbaikan-perbaikan sesuai dengan hasil sidang tim dosen  
penilai, hari Selasa tanggal 16 Februari 1999 .

Surabaya,

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing

  
Ir. IGM Santosa  
NIP. 130.368.598

19/2-99



## ABSTRAK

Pada saat ini Armada RI memiliki 13 unit kapal penyapu ranjau sebagai sarana pendukung operasi keamanan wilayah perairan RI. Seluruh jumlah kapal tersebut sangat kurang dibanding dengan luas wilayah perairan Indonesia. Disamping itu kapal-kapal tersebut dirancang dengan menggunakan lambung tunggal sebagai platform.

Mengingat fungsi utama kapal anti ranjau (*mine countermeasure vessel*) adalah sebagai platform, yaitu sebagai sarana pengangkut peralatan dan orang, sehingga diperlukan luas geladak yang cukup besar, dan untuk mendukung operasinya diperlukan pula stabilitas yang baik, displacemen dan sarat kapal yang kecil, getaran yang rendah, serta bahan kapal yang non magnetik. Spesifikasi teknis yang demikian itu sangat sulit untuk dipenuhi dengan menggunakan kapal berlambung tunggal (*monohull*).

Catamaran yang merupakan bentuk lambung ganda mempunyai beberapa keunggulan teknis dibanding lambung tunggal, sehingga dapat dipakai sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut. Untuk itu dilakukan suatu perencanaan awal dan analisa teknis mengenai kelayakan catamaran untuk diterapkan sebagai kapal penyapu ranjau.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji bagi Allah SWT, penulis panjatkan ke hadirat-Nya karena atas rahmat-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir dengan judul “ ANALISA TEKNIK PEMAKAIAN CATAMARAN UNTUK KAPAL PENYAPU RANJAU SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEAMANAN WILAYAH PERAIRAN INDONESIA” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya guna melengkapi prasyarat kesarjanaan.

Selanjutnya penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Digul Siswanto, M.sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Ir. Koestowo Sastro Wiyono dan Ir. Andjar Soeharto selaku ketua jurusan dan sekretaris jurusan teknik perkapalan ITS Surabaya.
3. Ir. I.G.M. Santosa selaku dosen pembimbing tugas akhir atas kesediaan membimbing, nasehat, dan saran yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Soejitno selaku dosen wali yang telah memberikan dorongan semangat selama masa kuliah dan penyelesaian tugas akhir.
5. Kolonel Laut (T) Sardjito, Kolonel Laut (T) Djoned selaku Koordinator Surveyor dan Surveyor Utama Satlaikmatkaptim TNI-AL, serta seluruh staf Satlaikmatkaptim TNI-AL atas bantuan yang telah diberikan.

6. Kolonel Laut (P) Yuwendi selaku Komandan Satuan Ranjau Armatim atas kesempatan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis untuk mencari data pendukung TA.
7. Letkol Laut (P) Sutoyo selaku Komandan KRI Pulau Rengat, Kapten Laut (P) Fauzi selaku Palaksa PRE 711, Kapten Laut (T) Dony Roswandi selaku KKM PRE 711, Lettu Laut (T) Widianoro, Letda (P) Tomi Erizal, dan seluruh awak kapal KRI Pulau Rengat.
8. Bapak H. Mochamad Nasir Adnan atas do'a restunya.
9. Sa'adah Meilufi atas perhatiannya selama ini.
10. M. Ade Irfan, Sueb Rahab, La Ode Jamsir S., Wahyu H.S, dan M. Anis, serta seluruh rekan-rekan P-32 dan rekan-rekan di teknik Perkapalan yang tidak sempat penulis sebutkan.

Akhirnya penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, karena itu dsaran dan kritik diharapkan agar lebih sempurnanya tulisan ini.

Walau hanya sedikit, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Surabaya, 3 Oktober 1998

Penulis





# JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

## FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

### SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 35 /PT12.FTK2/M/199 8

Nama Mahasiswa : Achmad Zakky Ridwan  
Nomor Pokok : 4194100068  
Tanggal diberikan tugas : 16 Maret 1998  
Tanggal selesai tugas : 16 Juli 1998  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. IGM Santosa  
2. ....

#### Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

ANALISA TEKNIK PEMAKAIAN CATAMARAN UNTUK KAPAL PENYAPU RANJAU SEBAGAI SARANA-  
PENUNJANG KEAMANAN WILAYAH PERAIRAN INDONESIA#

sOn

Surabaya, 16 Maret 1998

Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS

Ketua,



#### Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

Koestowo Sastro Wiyono

NIP. 130 687 430.





**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS**  
**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN**

**DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NA 1701)**

Nama mahasiswa : Achmad Zakky Ridwan  
N.R.P. : 4194100068  
Tugas diberikan : Semester Genap 19 97 . / 1998 .  
Tanggal mulai tugas : 16. Maret 1998  
Tanggal selesai tugas : 16. Juli 1998  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. IGM Santosa  
2. ....

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
31/3/98	Persiapan data collecting	
14/4/98	Pencarian data pendukung + mulai penulisan BAB I & II.	
5/5/98	Aristensi BAB I & BAB II.	
2/6/98	Aristensi BAB II.	
18/7/98	Pelengkapan proposal.	
24/8/98	Aristensi BAB. III.	
7/9/98	Aristensi Linse plan + R.U.	
15/9/98	Pertarikan Linse. plan & R.U.	

lihat halaman berikutnya .....

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
21/7/28	Lirta gambar .line plan + R.U.	<i>[Signature]</i>
5/10/28	Pemeriksaan total raskas & gambar	<i>[Signature]</i>
3/11/28	Aristunir Laporan.	<i>[Signature]</i>
10/11/28	Perbaikan kawatrapulau	<i>[Signature]</i>
23/11/28	Astutansi + Pengesahan Laporan gambar	<i>[Signature]</i>

tatan :

Formulir ini harus dibawa pada saat konsultasi  
Konsultasi dilaksanakan minimal seminggu  
sekali.

Formulir ini harus dikumpulkan kembali pada  
saat mengumpulkan laporan tugas akhir.

Surabaya, ..... 23/11/28 ..... 1928  
Dosen Pembimbing,

*[Signature]*

NIP. 593





*Kepada Ayahanda Ir. Mochamad Toha Dahlan dan Ibunda Zumrotul Choiroh,  
ananda sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kasih sayang dan kepercayaan  
yang diberikan kepada ananda, serta kepada Saudara-saudaraku dr. Achmad Zuhro  
Ma.ruf, Achmad Zaini Tholhah, ST, Soraya Churrotul Ain, dra. Irma Suraya Hanum,  
dan keponakanku Fikri dan Ivan.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

SK TUGAS AKHIR

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR

HALAMAN PERSEMBAHAN

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR ISTILAH xi

BABI PENDAHULUAN

1.1 Umum 1

1.2 Latar Belakang Masalah 2

1.3 Tujuan 3

1.4 Batasan Permasalahan 3

1.5 Metode Penulisan 4

BAB II KOMPONEN DALAM PERANG RANJAU

2.1 Ranjau Laut 5

2.1.1 Peledakan Ranjau Laut 6

2.1.2 Jenis-jenis Ranjau Laut 7

2.1.2.1 Ranjau Jangkar (Moored Mine) 7

2.4.3 Sinyal Tekanan	29
2.4.4 Luas Geladak	30
2.4.5 Elastisitas Kapal	31

### BAB III TINJAUAN TEKNIS KAPAL ANTI RANJAU MONOHULL

3.1 Umum	32
3.2 Kebutuhan akan Kapal penyapu Ranjau	32
3.3 Kapal Penyapu Ranjau Monohull	35
3.3.1 Luas Geladak	37
3.3.1.1 Ruang Akomodasi	38
3.3.1.2 Ruang Operasional	41
3.3.1.3 Deck Party	43
3.3.2 Tanki-Tanki	46
3.3.2.1 Tanki Air Tawar	46
3.3.2.2 Tanki Bahan Bakar	46
3.3.3 Stabilitas	51
3.3.4 Persenjataan	53
3.3.5 Material Lambung Kapal	53
3.3.6 Sinyal Akustik	53
3.3.7 Sinyal Magnetik	53
3.3.8 Sinyal Tekanan	54
3.3.9 Shock Resistance Tinggi	54

### BAB IV ANALISA TEKNIK KAPAL PENYAPU RANJAU CATAMARAN

4.1 Tinjauan Umum	55
-------------------	----

2.1.2.2	Ranjau Pengaruh (influence Mine)	8
2.1.2.3	Captor (Capsulated Torpedo)	9
2.1.2.4	Sea Launch Mobile Mine (SLMM)	10
2.1.2.5	Medan Ranjau Palsu (Dummy)	10
2.2	Peralatan Penetralisir Ranjau	11
2.2.1	Sonar	11
2.2.2	Kawat Penyapu Ranjau (oropesa)	12
2.2.3	Sweeping Gear	13
2.2.4	Remotely Operated Vehicle (ROV)	14
2.2.5	Untethered Unmanned Vehicle (UUV)	14
2.2.6	Expandable Mine Disposal Weapon(EMDW)	15
2.2.7	Explosive Net	16
2.2.8	Noise Generator	17
2.3	Operasi Penyapuan Ranjau	18
2.3.1	Pencarian Ranjau	18
2.3.2	Penyapuan Ranjau Jangkar	19
2.3.3	Penyapuan Ranjau Pengaruh Magnetis dan Akustik	20
2.3.4	Penghancuran Ranjau Pengaruh Tekanan	22
2.3.5	Menjaga Posisi Ranjau	24
2.3.6	Penyapuan dari Udara	24
2.4	Kapal Penyapu Ranjau	25
2.4.1	Sistem Degaussing	26
2.4.2	Sinyal Akustik	29



4.2 Pemilihan Model	55
4.3 Pemilihan Material Lambung	58
4.4 Awak Kapal	60
4.5 Perencanaan Kapal Anti Ranjau Catamaran	60
4.5.1 Ukuran Utama Kapal	61
4.5.2 Ruang akomodasi	62
4.5.3 Fasilitas Operasi	65
4.5.4 Perhitungan Tahanan Total Kapal	66
4.5.5 Perhitungan Daya Mesin Induk	71
4.5.6 Perhitungan Berat Muatan	74
4.6 Analisa dan Evaluasi	79
4.6.1 Ukuran Utama Kapal	79
4.6.2 Berat DWT dan LWT	80
4.6.3 Luas Geladak	81
4.6.4 Analisa Stabilitas	81
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Moored Mine	8
Gambar 2.2	Ranjau Pengaruh Magneti MS-L	9
Gambar 2.3	Prinsip Kerja Sonar	12
Gambar 2.4	Sweeping Gear	13
Gambar 2.5	Remotely Operated Vehicle PAP 104 Mk 5	14
Gambar 2.6	Unmanned Underwater Vehicle	15
Gambar 2.7	Expandable Mine Disposal Weapon	16
Gambar 2.8	Beach Zone Array	17
Gambar 2.9	Noise Generator	18
Gambar 2.10	KPR Menarik Oropesa dan Sweeping Gear	19
Gambar 2.11	Sweeping Gear Memutus Rantai	20
Gambar 2.12	Ranjau Diledakkan dengan Mitraliur	20
Gambar 2.13	Sistem Penyapuan Ranjau Magnetis	22
Gambar 2.14	Sistem Penyapuan Ranjau Akustik	27
Gambar 2.15	Sistem Penyapuan Ranjau dengan ROV	23
Gambar 2.16	Sistem Penyapuan Ranjau dengan UUV	23
Gambar 2.17	Sistem Penyapuan Ranjau dari Udara	25
Gambar 2.18	Sistem Degaussing Meridien	28
Gambar 2.19	Sistem Degaussing Longitudinal	28
Gambar 2.20	Sistem Degaussing Adward	29
Gambar 3.1	Susunan Geladak Kapal Buru Ranjau Kelas Tripartite	37

Gambar 3.2 Organisasi Personil KRI Pulau Rengat	40
Gambar 3.3 Lay Out Deck Party	44
Gambar 4.1 Bagian-Bagian Catamaran	58
Gambar 4.2 Komponen Gaya Stabilitas Monohull	82
Gambar 4.3 Komponen Gaya Stabilitas Catamaran	82



## DAFTAR TABEL

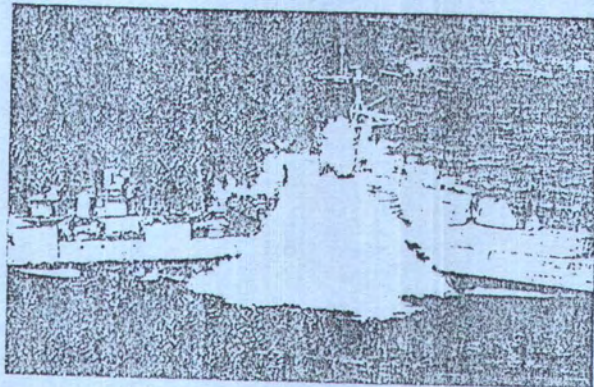
Tabel 3.1 Kapal Anti Ranjau Negara ASEAN	33
Tabel 3.2 Kapal Anti Ranjau Negara NATO	34
Tabel 3.3 Kapal Anti Ranjau Negara-Negara Lain	35
Tabel 4.1 Jumlah Awak Catamaran	60
Tabel 4.2 Perbandingan Ukuran Utama	79
Tabel 4.3 Perbandingan Luas Deck	81
Tabel 4.4 Perbandingan Total Monohull dan Catamaran	80

## DAFTAR ISTILAH

1. appendages : bagian lambung kapal di bawah air yang menonjol, meliputi kemudi, bilga keel, dan propeller bracket.
2. catamaran : model kapal berlambung ganda
3. condor : kelas kapal penyapu ranjau buatan Jerman Timur
4. close loop magnetik: rangkaian kawat yang memebentuk suatu loop magnet yang brfungsi untu menyapu ranjau pengaruh magnetis.
5. chip elektronik : rangkaian alat elektronik yang berfungsi menyimpan program tertentu.
6. combat information center : ruangan dalam kapal perang yang berfungsi untuk mengatur segala aktifitas kapal pada saat kapal dalam kondisi tempur.
7. central control station : ruang dalam kapal perang yang berfungsi sebagai pusat kontrol terhadap seluruh sistem permesinan dan penggerak dalam kapal.
8. degaussing : sistem anti magnet di lambung kapal perang
9. deck party : bagian geladak kapal penyapu ranjau tempat sebagian besar kegiatan penyapuan ranjau terpusat
10. detonator : suatu alat yang berfungsi untuk memicu ledakan pada ranjau
11. homing torpedo : torpedo yang diletakkan dalam tabung
12. host platform : paltform induk

- 13. monohull : kapal dengan lambung tunggal
- 14. monitor : alat pemantau
- 15. noise generator : generator yang dapat menimbulkan gelombang suara yang berfungsi untuk menyapu ranjau akustik
- 16. non magnetik : sifat dari material yang tidak menimbulkan medan magnet
- 17. Sweeping Gear : alat yang berfungsi untuk memotong rantai ranjau
- 18. Sangkar Farraday : Kumparan yang berfungsi untuk menimbulkan medan magnet pada lambung kapal
- 19. Ton : kelas kapal penyapu ranjau buatan Inggris
- 20. Tripartite : kelas kapal penyapu ranjau buatan Prancis, Belanda, dan Belgia
- 21. T 43 MSO : kelas kapal penyapu ranjau buatan Uni Soviet





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 UMUM**

Kepulauan Indonesia terdiri dari 17.508 pulau besar dan kecil yang tersebar pada sepanjang garis khatulistiwa antara 94 derajat Bujur Timur dan 142 derajat Bujur Timur, serta 8 derajat Lintang Utara dan 12 derajat Lintang Selatan. Dilihat dari posisi geografisnya, kepulauan Indonesia terletak antara benua Asia dan Australia, serta antara samudra Pasifik dan samudra Hindia yang merupakan jalur pelayaran yang cukup ramai. Posisi yang demikian tersebut menyebabkan Indonesia memiliki potensi ekonomi yang cukup baik, tetapi disamping itu memiliki kerawanan dalam bidang politik, pertahanan dan keamanan.

Dalam bidang pertahanan dan keamanan, negara Indonesia memiliki kebijaksanaan yang berprinsip membangun angkatan bersenjata yang kuat untuk memenuhi kebutuhan pertahanan dan melindungi wilayah teritorial. Guna berjalannya kebijaksanaan pertahanan tersebut, Angkatan Bersenjata Republik Indonesia berusaha melengkapi kebutuhan sektor peralatan dengan standar kebutuhan operasional yang seefisien mungkin. Salah satu sarana pendukung operasional dalam jajaran angkatan bersenjata adalah sarana pengamanan perairan, dimana diantaranya adalah kekuatan satuan kapal-kapal penyapu ranjau. Kapal jenis ini mutlak diperlukan dalam mendukung operasi satuan armada maupun pengamanan kawasan laut dan pantai bagi kepentingan keamanan secara umum.

## I.2 LATAR BELAKANG MASALAH

Selama Perang Dunia II telah disebarkan lebih dari 500.000 ranjau di berbagai daerah pelayaran penting, termasuk wilayah perairan Indonesia. Sampai dengan saat ini belum semua medan ranjau yang ada di perairan Indonesia dinetralisir. Dengan adanya medan-medan ranjau di perairan Indonesia, sangat mengganggu pelayaran kapal-kapal niaga. Meskipun ranjau yang ada merupakan ranjau-ranjau tua tetapi beberapa diantaranya masih aktif dan berbahaya bagi kapal-kapal yang lewat. Untuk menetralsir medan ranjau tersebut diperlukan kapal-kapal penyapu ranjau yang baik.

Pada saat sekarang Indonesia memiliki 13 buah kapal-kapal penyapu ranjau yang tergabung dalam Satuan Ranjau Armada RI. Dari 13 buah kapal tersebut 2 diantaranya mengalami kerusakan sistem degausing sehingga tidak dapat digunakan sebagai sarana penyapu ranjau. Dengan demikian hanya ada 11 kapal yang aktif dalam melaksanakan tugasnya, jumlah yang sekian sangat kurang jika dibandingkan dengan wilayah perairan Indonesia. Disamping itu, seluruh kapal penyapu ranjau yang ada menggunakan kapal monohull sebagai host platform, sehingga luas geladak yang tersedia relatif kecil. Padahal kapal penyapu ranjau dituntut untuk menyediakan ruang yang cukup luas untuk mengangkut peralatan dan pelataran operasi awak kapal.

Berdasarkan hal tersebut, maka dicari desain alternatif lain kapal penyapu ranjau yang mendukung pola operasi yang baik. Salah satu alternatif yang dirasa dapat memberi solusi yang baik adalah menggunakan bentuk lambung catamaran.



### 1.3 TUJUAN

Adapun tujuan dari analisa teknis penggunaan catamaran sebagai kapal penyapu ranjau adalah :

1. Turut sertanya mahasiswa menyumbangkan pemikiran di bidang perencanaan kapal.
2. Membuat suatu analisa teknis untuk mengetahui kelemahan yang ada pada kapal penyapu ranjau monohull.
3. Membuat suatu desain kapal penyapu ranjau catamaran yang dapat mengisi kekurangan-kekurangan pada kapal penyapu ranjau monohull.

Dari hasil analisa ini maka dapat dibandingkan apakah penggunaan model lambung catamaran jauh lebih baik atau tidak sebagai kapal penyapu ranjau.

### 1.4 BATASAN PERMASALAHAN

Untuk tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka penulisan ini akan di titik beratkan pada hal-hal berikut :

1. Perencanaan hanya terbatas pada perencanaan lines plan, rencana umum, dan perhitungan periode oleng lambung kapal.
2. Peninjauan dari segi teknis hanya terbatas pada perbandingan kedua jenis lambung kapal, yaitu luas geladak, besar displasmen, daya angkut kapal.
3. Sistem-sistem dalam kapal tidak dibahas dalam tulisan ini.
4. Kapal yang direncanakan hanya untuk kondisi operasional wilayah pantai.

5. Teknologi militer yang menyangkut penyapuan ranjau tidak dibahas secara detail.

## **I.5 METODE PENULISAN**

Metode penulisan masalah yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini meliputi :

1. Studi Literatur.

Literatur yang menunjang perhitungan-perhitungan pendekatan dan rumus-rumus pendekatan yang berkaitan dengan perencanaan kapal pada umumnya.

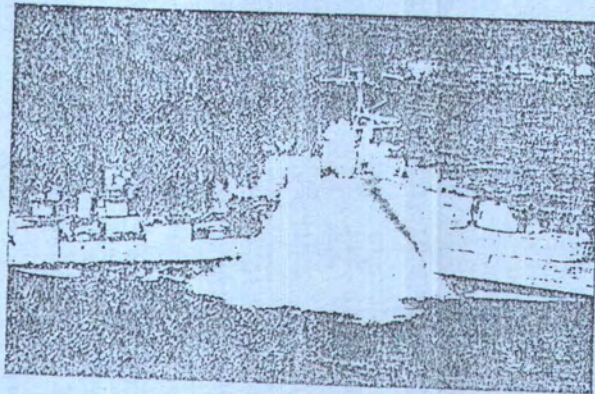
2. Studi Lapangan.

Pengumpulan data yang diperlukan untuk penulisan tugas akhir ini. Selain itu juga melakukan survey lapangan yang dipergunakan sebagai penunjang penulisan ini.

3. Metode Wawancara.

Untuk mendapatkan data-dat teknis yang sulit karena batasan-batasan peraturan intern, kode etik, dan lainnya, maka penulis memandang bahwa metode wawancara masih relevan untuk mendukung data-data utama.





## **BAB II**

### **KOMPONEN DALAM**

### **PERANG RANJAU**



## BAB II

### KOMPONEN DALAM PERANG RANJAU

Dalam hubungannya dengan perang ranjau, terdapat empat komponen penting yang terlibat, yaitu:

1. Ranjau laut
2. Peralatan penetralisir ranjau
3. Operasi penyapuan ranjau
4. Kapal penyapu ranjau

Dalam bab ini akan dibahas mengenai keempat komponen yang terlibat dalam perang ranjau (*mine warfare*) diatas.

#### 2.1 RANJAU LAUT

Pada prinsipnya ranjau laut adalah senjata yang disebar dilaut yang bertujuan untuk meledakkan kapal-kapal yang lewat. Ranjau merupakan salah satu senjata yang cukup efektif dipergunakan dalam perang laut. Dalam Perang Dunia II misalnya, lebih banyak kerusakan yang diderita oleh kapal-kapal yang disebabkan oleh serangan ranjau dibandingkan dengan penggunaan senjata lain. Disamping itu ranjau merupakan salah satu senjata yang relatif murah dan mudah diproduksi (khususnya jenis ranjau konvensional).

Ranjau mudah dioperasikan karena dapat disebarkan oleh kapal-kapal permukaan, kapal-kapal selam, maupun oleh pesawat udara. Ranjau modern

lebih dikembangkan kearah cara-cara peledakkannya daripada kekuatan ledakan, sehingga kekuatan ledakan ranjau tidak banyak mengalami perubahan sejak ranjau digunakan sebagai senjata militer.

### 2.1.1 PELEDAKAN RANJAU LAUT

Dalam proses peledakan ranjau, senjata ranjau tersebut baru akan meledak jika detonator mendapatkan usikkan sehingga *detonator* tersebut akan aktif dan meledakkan ranjau.

Ada beberapa cara yang umumnya diterapkan untuk mengaktifkan *detonator* ranjau, yaitu :

- \* Kontak : ranjau akan meledak jika terjadi kontak langsung dengan kapal, yang akan mengaktifkan *fuse* pada ranjau.
- \* Non Kontak : ranjau akan meledak tanpa kontak langsung dengan kapal, ada beberapa cara peledakan ranjau non kontak :
  - Magnetis : Peledakan ranjau yang disebabkan oleh medan magnet kapal yang ditangkap oleh sensor ranjau dan mengaktifkan *detonator* ranjau, sehingga ranjau meledak.
  - Akustik : Peledakan karena resi akustik yang ditimbulkan oleh kapal baik mesin maupun propeller, yang mengaktifkan sensor akustik ranjau.
  - Pressure : Peledakan ranjau karena perubahan tekanan air secara mendadak pada ranjau, yang disebabkan oleh perubahan displasemen kapal yang melintasi ranjau.



- Kombinasi : Peledakan ranjau menggunakan sensor kombinasi dari beberapa sinyal diatas, ranjau jenis ini dapat memilih kapal sasaran secara spesifik. Ranjau kombinasi (*smart mine*) ada dua jenis :
  - OR : merupakan kombinasi dari akustik dan megnetis, jika salah satu sinyal ditangkap sensor maka ranjau akan meledak.
  - AND : Merupakan gabungan dari dua atau tiga sinyal, seluruh sinyal harus sesuai dengan program yang telah diseting pada *chip detonator* kemudian ranjau akan meledak.

## 2.1.2 JENIS-JENIS RANJAU LAUT

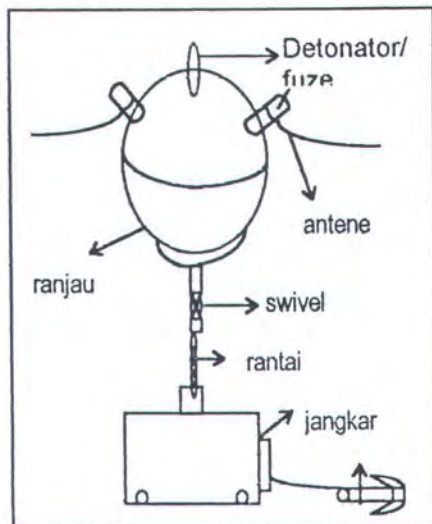
Pengelompokkan ranjau laut pada saat ini lebih mengarah pada cara peletakkan ranjau tersebut di laut. Ranjau laut yang banyak digunakan sekarang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jenis, yaitu :

### 2.1.2.1 Ranjau Jangkar ( Moored Mine)

Ranjau jangkar terdiri dari beberapa bagian utama yang terdiri dari ranjau , rantai pengikat, dan pemberat. Ranjau jenis ini paling banyak digunakan dalam perang laut, karena disamping mudah pengoperasiannya juga dapat disebar pada bermacam-macam kedalaman perairan tertentu. Tetapi pada kedalaman lebih dari 100 meter ranjau jenis ini sulit untuk dipasang.



Untuk pemasangannya ranjau jangkar dihubungkan dengan rantai pada sejenis pemberat yang berfungsi sebagai jangkar. Untuk memperluas daya jangkauannya, ranjau ini dapat diberikan kawat yang dihubungkan pada *detonator* yang lazim disebut *antene* sehingga kapal-kapal yang melintas dan menyentuh kawat ini akan terkena ledakan ranjau tersebut.

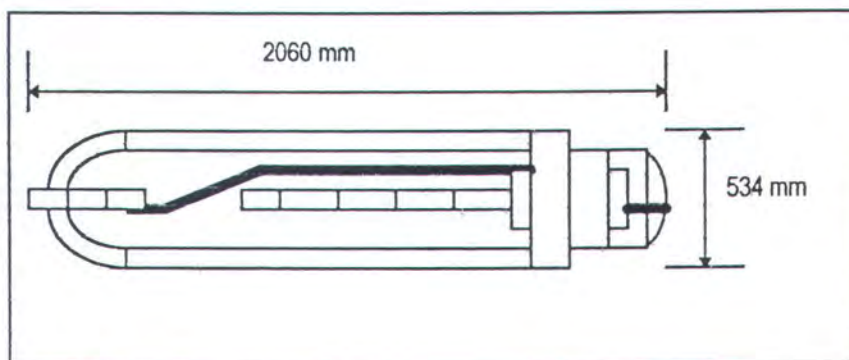


Gambar 2.1 Moored Mine

#### 2.1.2.2 Ranjau Pengaruh (Influence Mine)

Ranjau pengaruh ini dapat meledak tanpa harus bersentuhan langsung oleh kapal. Jika ranjau terpengaruh oleh tekanan kapal, medan magnet, atau resi akustik dari kapal maka ranjau tersebut akan meledak. Ranjau jenis ini diletakkan di dasar laut pada kedalaman tertentu tergantung pada kepekaan sensor dan sasaran yang akan diledakan, sehingga ranjau ini biasa disebut dengan istilah *ground / bottom influence mine*. Ranjau jenis ini dilengkapi dengan sensor tekanan, sinyal magnetik, dan sinyal akustik, disamping itu juga dipasang perangkat lunak elektronik yang dilengkapi *chip* yang berisi program tentang spesifikasi teknis dan jenis kapal yang akan menjadi sasaran ledakan.

Beberapa negara Eropa cenderung untuk memproduksi jenis ranjau pengaruh pada saat ini karena alasan akurasi sasaran. Jerman misalnya memproduksi ranjau FGI yang dilengkapi oleh sensor tekanan, magnetis, dan akustik. Perancis memproduksi ranjau TSM 3510, yang merupakan ranjau dasar jenis ranjau pengaruh ganda yang dapat disebarkan oleh kapal selam melalui tabung torpedo dan TSM 3530, ranjau ini disebarkan oleh kapal-kapal permukaan melalui rel. Italia yang memproduksi ranjau MM80, yang merupakan jenis ranjau serba guna dan ranjau anti kapal pendarat. Inggris memproduksi ranjau Sea Urchin produksi British Aerospace juga ranjau Dragonfish dan Hummer produksi Marconi. Ranjau ini merupakan jenis ranjau pengaruh ganda (multi influence) yang dapat disebarkan oleh kapal permukaan, kapal selam, dan pesawat udara.



Gambar 2.2 Ranjau Pengaruh Magnetis MS-L

### 2.1.2.3 Captor (Capsulated Torpedo)

Senjata ini sebenarnya adalah sebuah torpedo yang diletakkan dalam sebuah kontainer atau kapsul yang dilengkapi oleh sensor dan *chip* elektronik, yang bertujuan untuk meledakan kapal selam. Captor adalah jenis ranjau yang



paling moderen untuk saat ini, ia dapat disebarkan didasar laut dalam dan dilengkapi oleh sonar pasif yang terus menerus memonitor keadaan laut sekitarnya. Apabila captor mendeteksi adanya kapal selam, maka sonar akan berubah menjadi sonar aktif dan akan menghitung gerakan dan kecepatan kapal selam. Kemudian captor akan meluncurkan *homing torpedo* yang tersimpan di dalam kapsul. Amerika Serikat telah mengembangkan ranjau jenis ini yang disebut Captor Quickstrike.

#### 2.1.2.4 Sea Launch Mobile Mine (SLMM)

Sebenarnya SLMM merupakan pengembangan ranjau model lama yang dilengkapi oleh perangkat sensor yang lebih baik. SLMM diluncurkan melalui tabung *torpedo* kapal selam yang kemudian bergerak menuju laut dangkal dimana kapal selam tidak dapat menjangkaunya. Kemudian torpedo akan tenggelam ke dasar laut dan akan berfungsi sebagai ranjau.

#### 2.1.2.5 Medan Ranjau Palsu (Dummy)

Medan ranjau ini berfungsi untuk mengelabui musuh, dimana ranjau-ranjau palsu disebar melalui pesawat dengan sarat pesawat tersebut harus terdeteksi oleh musuh. Beberapa dari ranjau tersebut merupakan ranjau asli yang dapat meledak, sehingga lawan akan berusaha membersihkan medan ranjau tersebut dan akan memakan waktu, tenaga, serta penggunaan kapal-kapal penyapu ranjau secara tidak efektif.



## 2.2 PERALATAN PENETRALISIR RANJAU LAUT

Untuk menetralkan ranjau diperlukan peralatan khusus yang digunakan sesuai dengan jenis ranjau yang terdeteksi oleh kapal penyapu ranjau. Kapal-kapal penyapu ranjau biasanya dilengkapi oleh beberapa macam alat penyapu ranjau yang dibawa pada saat beroperasi. Alat-alat yang dibawa pada sebuah kapal penyapu ranjau antara lain :

### 2.2.1 Sonar

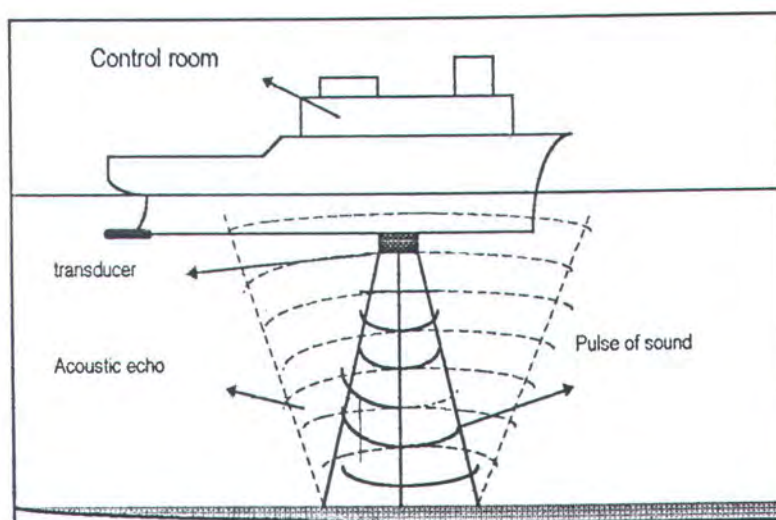
Sonar adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya benda-benda logam di bawah permukaan air, dan merupakan alat utama dari kapal penyapu ranjau. Sonar digunakan untuk mencari posisi ranjau. Pada dasarnya prinsip kerja sonar adalah memancarkan gelombang suara dengan frekuensi tertentu, jika gelombang tersebut mengenai sebuah obyek metal maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali kemudian pantulan gelombang tersebut ditangkap oleh alat sensor sonar dan obyek yang terdeteksi diidentifikasi.

Pada saat ini sonar telah dikembangkan sedemikian rupa, sehingga ranjau-ranjau yang terbenam di dalam lumpur pada kedalaman tertentu masih dapat dideteksi, terutama ranjau jenis *ground influence mine*. Sonar juga dilengkapi oleh peralatan *display* yang jelas serta ketepatan lokasi dan penentuan jarak yang akurat.

Ada beberapa jenis sonar yang dikembangkan lebih baik sekarang ini, sehingga sonar tersebut bisa mengidentifikasi jenis ranjau yang terdeteksi. Sonar jenis ini antara lain sonar type 193 M yang merupakan jenis sonar jarak pendek yang dipasang pada lambung kapal dengan sector scanning. Sonar ini

produksi perusahaan Inggris, Plessey yang telah dipergunakan oleh 12 negara lain. Sonar buru ranjau jenis DUBM 21 B produksi Thomson Prancis yang dipakai pada kapal-kapal anti ranjau milik Angkatan Laut Prancis, sonar jenis ini juga terdapat pada kapal pemburu ranjau milik Angkatan Laut Indonesia dari kelas *Tripartite* yang dibeli dari Prancis pada tahun 1985.

Sonar jenis SQQ 14 produksi General Electric, sonar ini menggunakan dua jenis sonar untuk pencarian dan untuk identifikasi sasaran. Cara kerja sonar dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Sonar

### 2.2.2 Kawat Penyapu Ranjau (*Oropesa*)

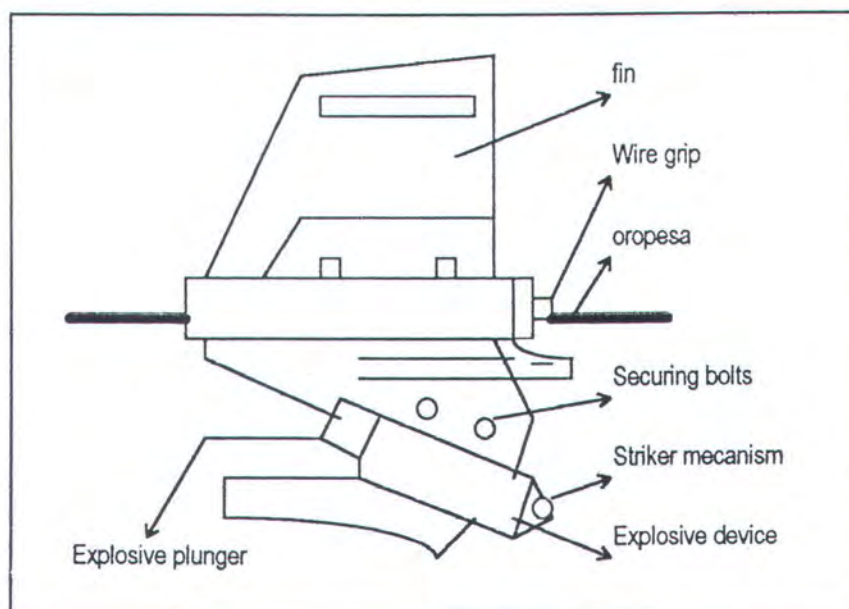
*Oropesa* merupakan alat utama dalam operasi penyapuan ranjau. *Oropesa* berupa kawat yang terbuat dari bahan khusus yang cukup kuat tetapi tidak menimbulkan sinyal magnetik, sehingga pada saat operasi tidak berbahaya bagi sensor ranjau pengaruh magnet. Alat ini merupakan alat penyapu ranjau yang cukup efektif dalam operasi penyapuan ranjau selama



ini. Dalam penggunaannya orpesa ditarik di buritan kapal dengan cara ditambatkan pada bollard, kemudian ujung satunya diikatkan alat penyapu ranjau seperti *sweeping gear*, *noise generator*, atau *close loop magnetism*.

### 2.2.3 Sweeping Gear

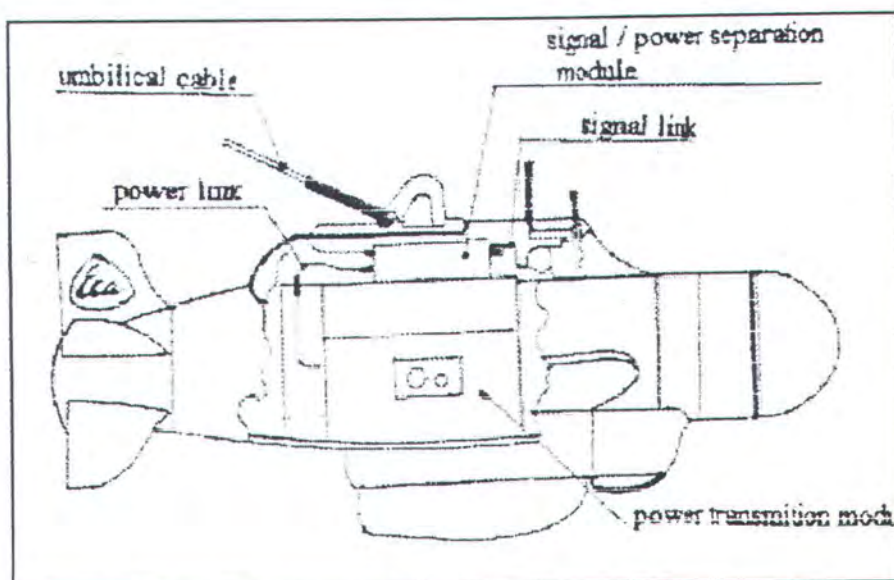
*Sweeping gear* merupakan alat yang berfungsi untuk memotong rantai pengikat ranjau jangkar (*moored mine*). Dalam penggunaannya *sweeping gear* diikatkan pada ujung *oropesa* dan ditarik kapal, jika *sweeping gear* tersebut tersangkut pada rantai jangkar ranjau maka rantai tersebut akan diledakan dan putus sehingga ranjau terapung. Ukuran *sweeping gear* relatif kecil, untuk type DM 19 yang dipakai oleh Angkatan Laut Indonesia adalah 410 mm X 470 mm X 85 mm dengan berat di udara 4,4 Kg berat di air 2,3 Kg dan kedalaman operasi antara 3 sampai dengan 200 meter.



Gambar 2.4 Sweeping Gear

### 2.2.4 Remotely Operated Vehicle (ROV)

Alat penetralisir ranjau ini berupa kapal selam kecil tanpa awak yang dilengkapi oleh beberapa alat sensor, sonar, dan kamera video. Fungsi dari alat ini adalah untuk mendeteksi adanya ranjau sasaran dan menghancurkannya. ROV yang dikendalikan dari kapal penyapu ranjau dengan menggunakan kabel penghubung disebut *tethered ROV*, dan sumber energi didapatkan dari kapal juga. ROV dilengkapi dengan sonar, kamera, dan lampu sorot agar dapat melihat dengan jelas obyek yang ditemukan di bawah permukaan air. Penggunaan kamera sangat membantu secara *visual* operator, sebab dengan hanya mengandalkan sonar kapal-kapal penyapu ranjau sering terkecoh dengan adanya logam lain selain ranjau.



Gambar 2.5 Remotely Operated Vehicle PAP 104 Mk 5

### 2.2.4 Untethered Unmanned Vehicle (UUV)

Pada prinsipnya UUV adalah pengembangan teknologi dari ROV, dimana pada UUV tidak menggunakan kabel penghubung sebagai sistem



kontrol antara kapal sebagai *host platform* dengan alat itu sendiri. Ada beberapa kelebihan UUV daripada ROV, yaitu pada UUV mempunyai sumber energi sendiri dan tidak diperlukannya kabel kontrol dari *platform*. Sehingga UUV lebih otonomi dibandingkan dari ROV dan dapat memberikan antisipasi pemborosan energi dari platform induk, juga jarak jelajah lebih jauh, waktu jelajah lebih lama, dan olah gerak UUV lebih bebas dan baik.



Gambar 2.6 Unmanned Underwater Vehicle

#### 2.2.5 Expandable Mine-Disposal Weapon (EMDW)

EMDW merupakan generasi terbaru dari konsep pengembangan ROV, karena selama ini ROV dan UUV dianggap masih kurang efisien dalam menunjang sistem operasi penyapuan ranjau karena prosedur yang memakan waktu. ROV harus dipersiapkan dan diisi bahan peledak secara standar, diluncurkan, dikendalikan menuju target, merelokasi target dengan sensornya, memeriksanya, manuver untuk menyebar peledak di sekitar target, kembali ke *host platform*, baru kemudian peledak yang telah disebar tadi diledakkan untuk menetralkan ranjau. EMDW dikembangkan untuk mengantisipasi kelemahan-kelemahan pada ROV dan UUV, sehingga desain dari EMDW lebih kecil,

ringan, dan juga relatif lebih murah dibanding ROV dan UUV. Juga memakan waktu yang lebih sedikit dalam operasi pembersihan ranjau. Karena dimensi alat yang lebih kecil, maka jumlah EMDW yang dapat diangkut kapal lebih banyak (untuk ROV maksimal 2 unit dalam satu kapal penyapu ranjau modern). Salah satu dari EMDW yang dikembangkan pada saat ini adalah EMDW produksi dari STN Atlas Elektronik Jerman yaitu Seafox yang merupakan modernisasi dari SM 343 Minesweeper, yang mulai diproduksi akhir tahun 1997.



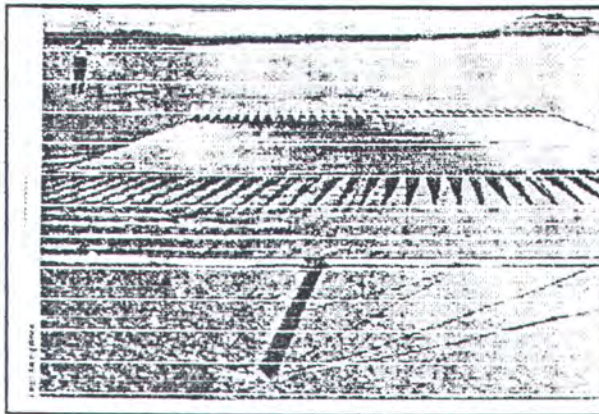
Gambar 2.7 Expendable Mine Disposal Weapon

#### 2.2.6 Explosive Net (Beach Zone Array)

Alat penyapu ranjau ini berupa jaring-jaring yang dilengkapi dengan bahan peledak dan ditarik menggunakan helicopter untuk membersihkan medan ranjau yang ada di pantai. BZA berukuran 45 m x 45m yang biasa disebut sebagai *magic carpet*, BZA dikemas dalam peluncur yang siap diluncurkan dari helicopter atau pesawat terbang dengan ketinggian tertentu.



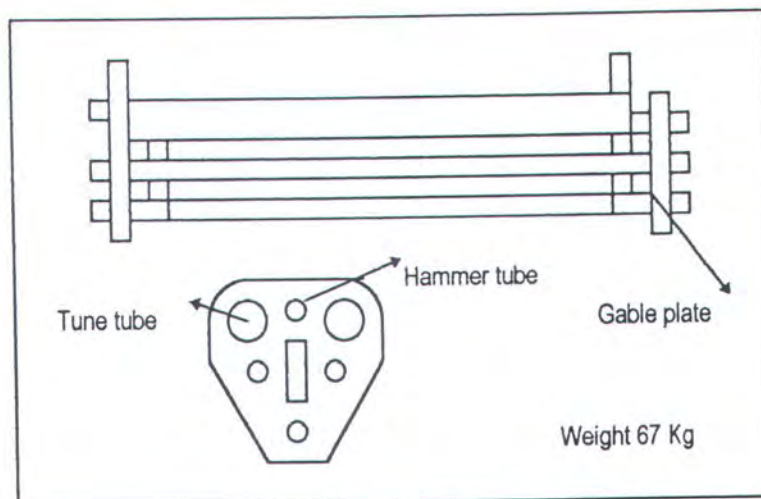
Dalam operasinya Pesawat atau helicopter mempunyai sistem navigasi terintegrasi dan *Global Positioning Sistem (GPS) receiver*. Pada saat tiba di medan ranjau pesawat menurunkan jaring yang kemudian mengembang penuh sebelum mencapai permukaan. Amunisi yang diikatkan pada rangkaian jaring akan menyentuh ranjau atau mempengaruhi sensor dari ranjau, sehingga *fuse* ranjau aktif dan ranjau meledak.



Gambar 2.8 Beach Zone Array

### 2.2.7 Noise Generator

Noise generator adalah alat untuk menetralkan bahaya ranjau pengaruh akustik. Alat ini berupa generator listrik yang jika dialiri arus listrik akan aktif dan menimbulkan getaran yang akan mengaktifkan ranjau. Besarnya getaran yang dihasilkan dapat diatur sesuai dengan getaran kapal yang akan menjadi sasaran ranjau tersebut. Generator ditarik dibelakang kapal yang dihubungkan dengan kawat penyapu.



Gambar 2.9 Noise Generator

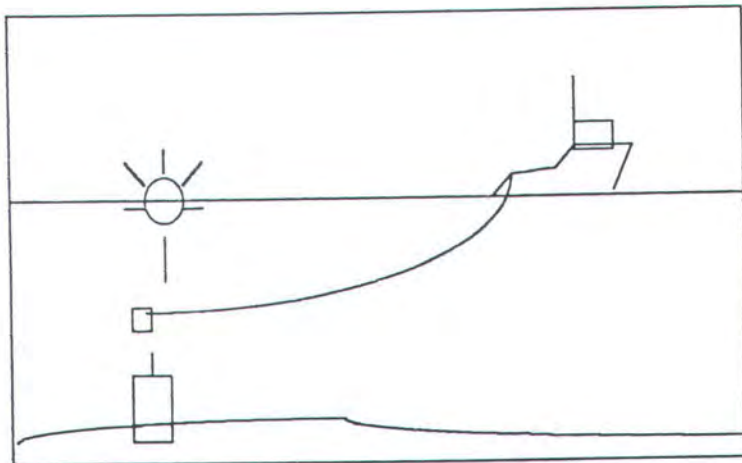
### 2.3 OPERASI PENYAPUAN RANJAU.

Secara umum pembersihan medan ranjau ada dua cara yaitu dengan cara menyapu bersih semua jenis ranjau yang ada di jalur pelayaran, pelabuhan, chokepoint atau dengan cara memeburu satu persatu ranjau yang tesebar. Dari bermacam cara pembersihan medan ranjau tesebut pada prinsipnya adalah mencari dan menghancurkan setiap ranjau yang terdeteksi. Dalam operasi pembersihan medan ranjau terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

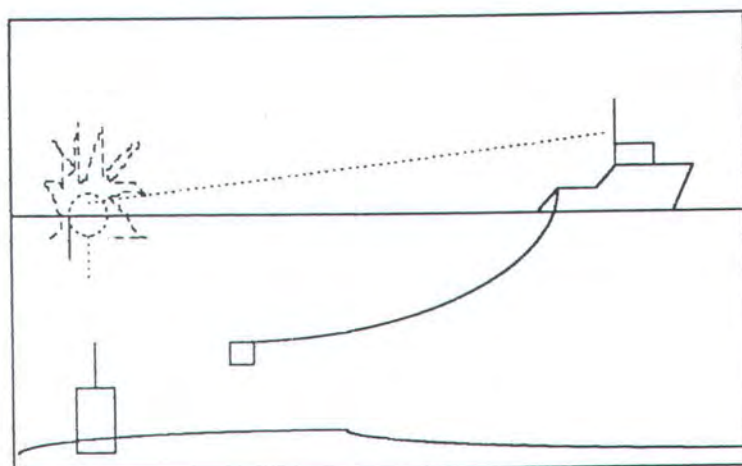
#### 2.3.1 Pencarian Ranjau

Pada tahap ini kapal-kapal penyapu ranjau mengaktifkan sonar untuk mendeteksi ranjau yang ada di bawah permukaan air. Karena biasanya terjadi kesalahan identifikasi antara ranjau dan logam lain maka biasanya penggunaan sonar dibantu dengan penggunaan kamera, sehingga obyek yang ditemukan dapat dilihat secara visual. Sonar yang digunakan bermacam-macam jenis baik *variabel depth sonar* maupun *towed sonar* yang ditarik





Gambar 2.11 Sweeping gear memutuskan rantai ranjau dan ranjau terapung



Gambar 2.12 Ranjau diledakan dari kapal dengan menggunakan mitraliur

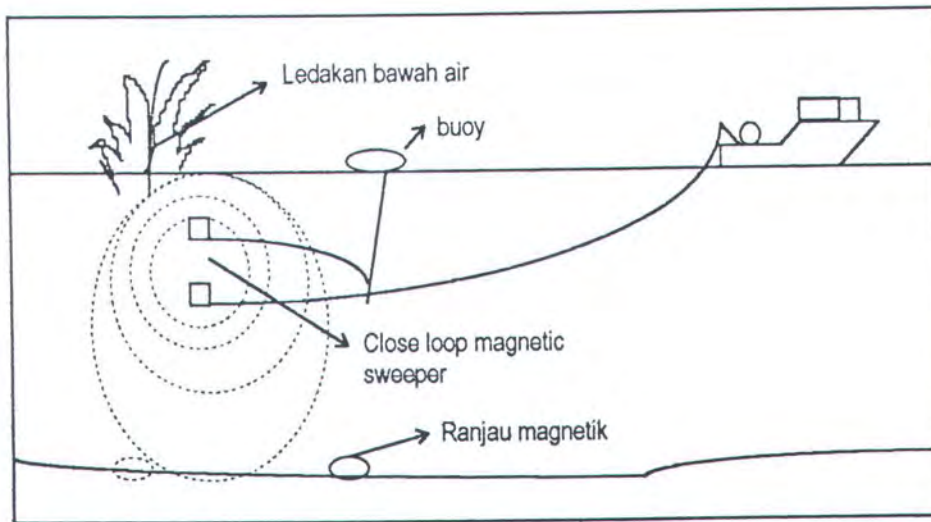
### 2.3.3 Penyapuan ranjau pengaruh magnetik dan akustik

Ranjau pengaruh magnet dapat dihancurkan dengan cara menarik medan magnet induksi buatan (*close loop magnetism*) pada ujung *oropesa*. Untuk menimbulkan medan magnet buatan, kapal penyapu ranjau menarik dua buah kabel yang tidak sama panjangnya di bagian buritan. Pada kedua ujung kabel dipasang elektroda yang ditempatkan pada kejauhan, kurang lebih sepanjang satu badan kapal. Jarak ini dapat dirubah-rubah dengan cara

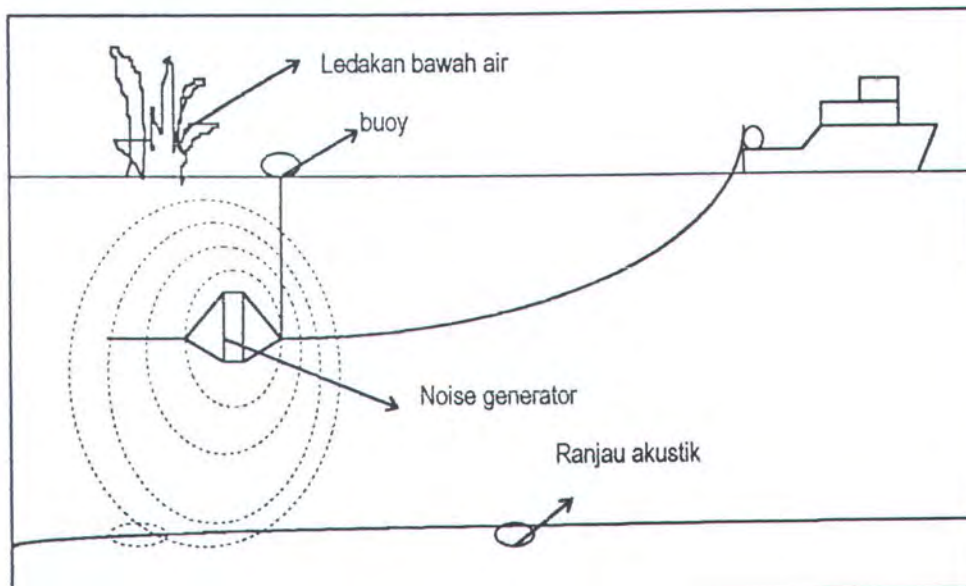
menambah jumlah kabel. Ketika arus listrik dialirkan, maka kedua elektroda pada kabel tersebut akan menimbulkan medan magnet diantaranya yang sama dengan besarnya medan magnet yang ditimbulkan oleh lambung kapal yang berlayar di laut. Dengan demikian maka ranjau pengaruh magnet akan meledak jika sensor ranjau menangkap sinyal magnetik yang ada, dengan sarat sinyal yang ditangkap sesuai dengan program pada *chip* ranjau untuk ukuran kapal yang sama.

Untuk ranjau-ranjau akustik digunakan sistem tersendiri dimana ujung dari oropesa diikat dan ditarik generator listrik yang jika dialiri listrik, maka generator tersebut akan aktif dan menghasilkan suara dan getaran yang mirip dengan bunyi mesin kapal yang berlayar di atas permukaan air. Sistem penyapuan akustik ini ditarik cukup jauh di belakang kapal penyapu ranjau, sehingga jika terjadi ledakan ranjau kapal akan aman dari ledakan serta peralatan yang ada di kapal tidak rusak, Generator ditarik tidak jauh dari permukaan dasar laut supaya dapat menimbulkan efek maksimum terhadap ranjau. Ada kalanya sebuah alat *monitor* juga ditarik bersamaan, dimana alat ini mengirimkan suara yang ditimbulkan kepada operator di atas kapal. Operator kemudian mengatur besar kecilnya suara, disesuaikan dengan kondisi setempat.





Gambar 2.13 Sistem penyapuan ranjau pengaruh magnetis

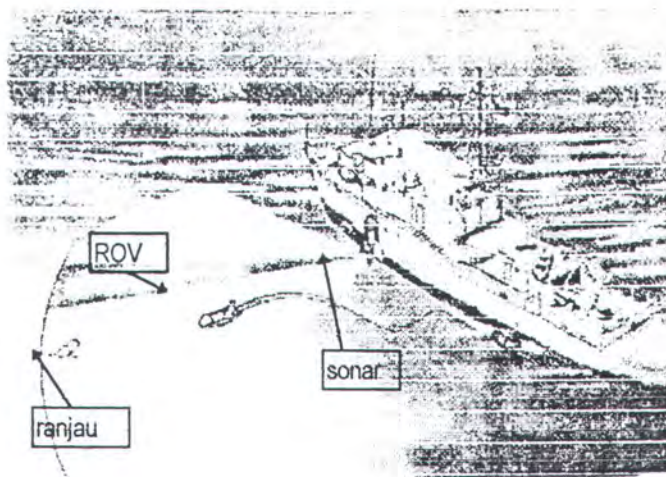


Gambar 2.14 Sistem penyapuan ranjau pengaruh akustik

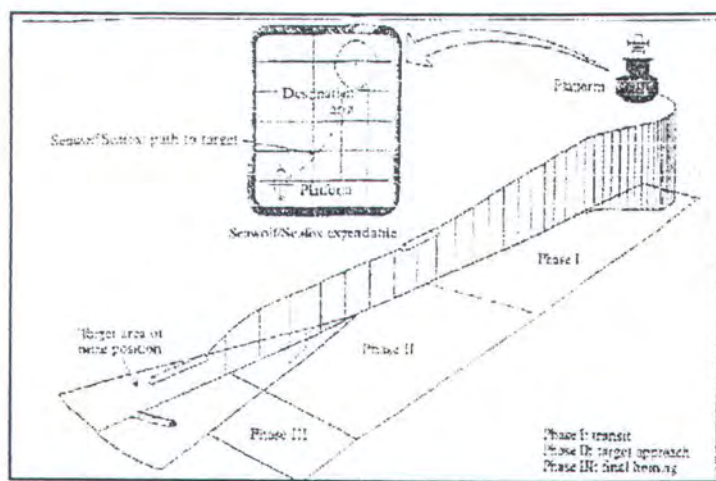
#### 2.3.4 Penghancuran Ranjau Pengaruh Tekanan

Dalam operasi penghancuran ranjau, sangat sulit untuk mengidentifikasi setiap jenis ranjau terutama jenis ranjau pengaruh tekanan atau bukan. Sehingga telah menjadi kebiasaan untuk menghancurkan

setiap jenis ranjau yang ditemukan di dasar laut dengan cara menempatkan bahan peledak di sekitar ranjau dan meledakannya dengan remote control. Untuk tugas ini biasanya digunakan *Remotely Operated Vehicle (ROV)* atau *Unmanned Underwater Vehicle (UUV)*. Sebelumnya operasi ini dilakukan oleh penyelam. Meskipun penggunaan penyelam dinilai sudah tidak efektif dan membahayakan, tetapi kapal penyapu ranjau masih membawa paling tidak satu regu penyelam yang terdiri dari 7 personil untuk mendukung operasinya.



Gambar 2.15 Sistem penyapuan ranjau dengan ROV



Gambar 2.16 Sistem penyapuan ranjau dengan UUV



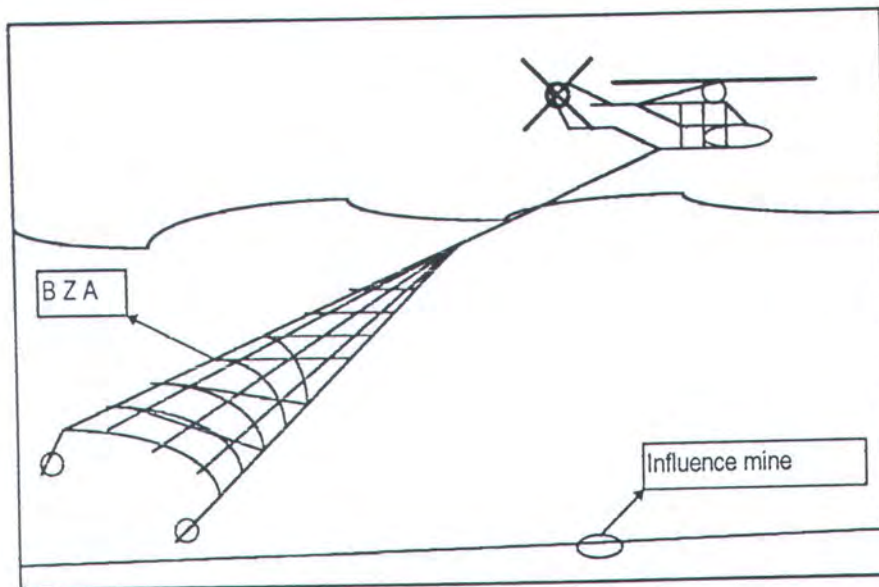
### 2.3.5 Menjaga Posisi Ranjau

Menjaga posisi ranjau yang telah terdeteksi adalah salah satu langkah penting dalam operasi penyapuan ranjau. Alasan pertama adalah ranjau yang telah terdeteksi mungkin harus ditinggalkan di tempat ditemukannya dan tidak dapat diledakkan dengan segera (misal karena cuaca buruk atau ranjau terdeteksi menjelang hari gelap). Alasan lain adalah untuk menandai daerah ranjau sehingga kapal-kapal dapat diperingati untuk tidak melewati.

### 2.3.6 Penyapuan Ranjau dari Udara

Penyapuan ranjau dapat dilakukan dari udara dengan menggunakan helicopter atau pesawat udara. Penyapuan ranjau ini menggunakan sonar yang ditarik oleh pesawat, salah satu jenis sonar ini adalah Sidescanning Sonar AN/AQS-14 produksi Westinghouse Amerika Serikat. Sonar ini ditempatkan pada peralatan pembawanya sepanjang 3 meter. Panjang kabel penarik 303 meter dan tidak bermagnet. Monitor kontrol ditempatkan di bagian depan dari helicopter dan sebuah tape recorder digunakan untuk merekam posisi ranjau yang telah terdeteksi.

Cara lain yang sering digunakan adalah dengan menggunakan Beach Zone Array (BZA) yang merupakan rangkaian jaring kawat dimana terdapat bahan peledaknya yang ditarik oleh helicopter atau pesawat udara dengan ketinggian tertentu dari permukaan laut. Biasanya penyapuan dari udara dilakukan pada medan-medan ranjau yang terdapat di perairan dangkal seperti pantai dan pelabuhan.



Gambar 2.17 Sistem penyapuan dari udara

## 2.4 KAPAL PENYAPU RANJAU

Secara umum yang dimaksud dengan kapal penyapu ranjau adalah kapal yang mempunyai fungsi utama menangani operasi penyapuan ranjau. Sehingga kapal-kapal penyapu ranjau mempunyai spesifikasi yang khusus, dan biasanya mempunyai tugas tambahan sebagai kapal *hydrographic*, patroli pantai, panyebar ranjau (*minelayer*), atau *Search and Rescue* (SAR) disamping fungsi utamanya. Kapal-kapal penyapu ranjau harus berukuran kecil dan dibangun dengan menggunakan bahan-bahan non magnetik, dengan demikian diharapkan terhindar dari bahaya ranjau pengaruh, terutama ranjau pengaruh magnetik dan tekanan.

Pada kapal-kapal penyapu ranjau modern biasanya dibangun dengan menggunakan bahan *Glass Reinforced Plastic* (GRP), dengan alasan mudah dalam produksi dan perawatan. Untuk kapal-kapal penyapu ranjau yang



menggunakan lambung dari bahan baja harus mempunyai sistem *degausing* yaitu suatu sistem yang berfungsi menetralsir kemagnetan yang ditimbulkan oleh lambung kapal. Sistem degausing ini juga masih harus diterapkan pada kapal-kapal penyapu ranjau dengan lambung kayu dan GRP meskipun terbatas pada peralatan logam magnetis, mesin-mesin dan generator. Pada saat ini telah diproduksi mesin khusus dengan bahan yang memiliki sinyal magnetik rendah seperti mesin produksi Paxman Diesel Limited, tetapi kendalanya adalah menyangkut harga mesin yang relatif mahal. Meskipun kecenderungan kapal-kapal penyapu ranjau menggunakan lambung GRP, tetapi tidak semua produsen kapal penyapu ranjau mau menggunakan GRP pada kapal-kapal produksinya. Beberapa diantara mereka justru mempertahankan penggunaan kayu dan logam non magnetik (*amagnetik steel*), salah satu perusahaan yang menghindari penggunaan GRP adalah ABEKING & RASMUNSEN dari Jerman.

#### 2.4.1 Sistem Degausing

Pada kapal-kapal penyapu ranjau, sistem degausing merupakan salah satu spesifikasi yang sangat penting, karena salah satu sarat teknis kapal penyapu ranjau harus memiliki sinyal magnetis yang serendah mungkin. Sistem degausing ini berfungsi untuk menetralsir daya kemagnetan kapal, dan berguna untuk menghindarkan kapal dari bahaya ranjau pengaruh magnetis (*magnetism influence mine*). Memang tidak semua ranjau yang disebar selama perang laut adalah jenis ranjau magnetis, tetapi karena kapal-kapal penyapu

ranjau ini dalam operasinya selalu berada di tengah medan ranjau maka semua kemungkinan ancaman bahaya ranjau harus diperhitungkan.

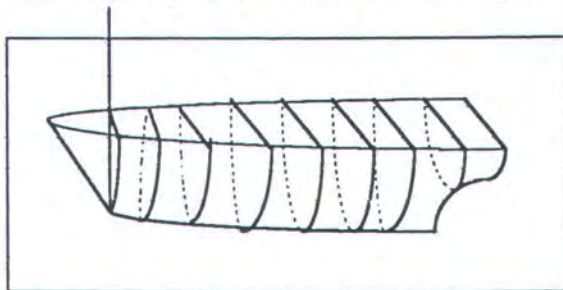
Pada dasarnya semua benda-benda *ferromagnetik* seperti besi dan baja selalu mudah terpengaruh oleh kemagnetan. Karena menurut teori, bumi merupakan sebuah magnet besar yang selalu memancarkan medan magnet dari kutub selatan ke kutub utara. Maka setiap benda yang ada di permukaan bumi selalu diliputi oleh medan magnet bumi. Bagi benda-benda *ferromagnetik*, garis-garis gaya magnet bumi yang lewat di sekitarnya akan selalu terkonsentrasi pada benda tersebut. Hal ini menyebabkan benda-benda *ferromagnetik* yang ada di permukaan bumi akan selalu mengandung kemagnetan yang disebut sebagai daya kemagnetan induksi. Selanjutnya apabila benda tersebut berdiam lama pada suatu tempat pada posisi yang sama secara terus menerus, kemagnetan induksi yang ada pada benda tersebut akan menimbulkan kemagnetan lain yang disebut kemagnetan permanen. Demikian juga yang terjadi pada kapal-kapal penyapu ranjau, pada kapal yang menggunakan lambung baja akan mempunyai daya kemagnetan yang lebih besar karena kandungan bahan *ferromagnetik* yang besar dibandingkan dengan kapal dari bahan GRP.

Sistem degausing kapal penyapu ranjau pada dasarnya adalah bertujuan untuk membangkitkan kemagnetan buatan yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan dengan daya kemagnetan kapal. Sistem ini terdiri dari kumparan-kumparan yang dililit pada mesin-mesin kapal atau diletakkan di lambung kapal, kumparan-kumparan itu biasa disebut dengan nama *sangkar farraday*.

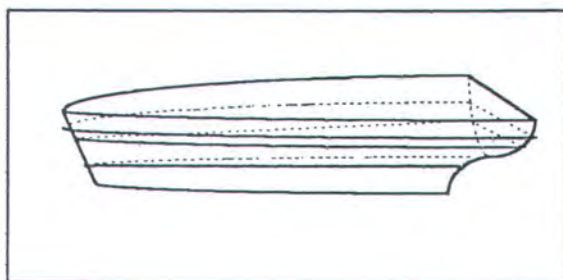


Sebelum mengaktifkan sistem degaussing, daya kemagnetan kapal harus diukur terlebih dahulu untuk mengetahui besar dan arah daya magnet tersebut. Kemudian *sistem degaussing* diaktifkan, sehingga menghasilkan medan magnet yang besarnya disesuaikan dengan daya kemagnetan kapal yang telah diukur tetapi arahnya berlawanan. Dengan demikian maka daya kemagnetan kapal dapat ternetralisir dengan skala yang sekecil mungkin. Sesudah beberapa waktu sistem degaussing ini harus diperiksa dan dikalibrasi ulang, karena kemagnetan kapal akan berubah pada tenggang waktu tertentu. Untuk kapal-kapal penyapu ranjau sistem degaussing harus diperiksa ulang setiap 6 bulan sekali, kecuali pada saat kaondisi perang harus dilakukan pemeriksaan setiap akan melakukan operasi.

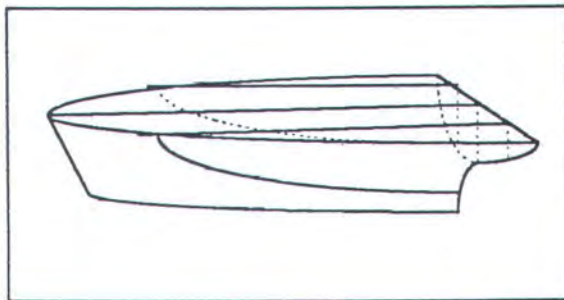
Ada tiga cara yang umumnya dilakukan pada penyusunan sangkar farraday pada lambung kapal, yaitu meridien, longitudinal, dan adward.



Gambar 2.17 Sistem degaussing meridien



Gambar 2.18 Sistem degaussing longitudinal



Gambar 2.19 Sistem degaussing adward

### 2.4.2 Sinyal Akustik

Timbulnya sinyal akustik pada kapal karena adanya getaran pada lambung kapal, baik getaran yang berasal dari getaran mesin kapal maupun bunyi air yang menerpa lambung kapal karena putaran propeller. Getaran yang terlalu besar akan membahayakan kapal dari ancaman ledakan ranjau pangaruh akustik (*accoustic influence mine*). Untuk menghindari hal itu kapal harus mempunyai frekwensi getaran yang serendah mungkin pada saat operasi. Satu-satunya cara untuk menghindari kapal dari resiko ledakan ranjau akustik adalah dengan membuat kapal tidak berisik, hal ini dapat dilakukan dengan memakai *propeller* dengan *pitch* yang dapat diatur (*controllable pitch propeller*) atau menggunakan baling-baling khusus yang biasa disebut *noiseless propeller*. Meskipun sampai saat ini hal tersebut tidak banyak membantu.

### 2.4.3 Sinyal Tekanan

Ranjau pengaruh tekanan (*pressure influence mine*) akan meledak jika ada perubahan tekanan air secara mendadak yang diterima oleh sensor



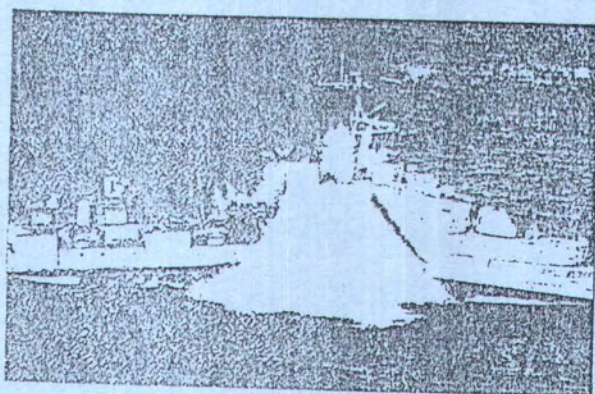
ranjau. Bahaya dari ranjau tekan boleh dikatakan belum ada cara penjinakkannya secara efektif, kecuali dengan menemukan dan menghancurkan setiap jenis ranjau. Sampai saat ini satu-satunya cara yang dipandang efektif untuk menghindari bahaya ranjau tekan adalah kapal penyapu ranjau berlayar secara perlahan di perairan yang mempunyai kedalaman kurang dari 60 meter dalam operasinya. Kapal-kapal berukuran kecil tidak terlalu rawan dengan resiko ranjau ini, meskipun harus berlayar dengan kecepatan tertentu. Karena itu untuk menghindari resiko ranjau tekan maka kapal-kapal penyapu ranjau harus memiliki *displacemen* yang sekecil mungkin, sehingga tekanan yang diberikan kepada air kecil.

#### 2.4.4 Luas Geladak

Pada dasarnya kapal penyapu ranjau mempunyai fungsi utama sebagai *host platform*, yaitu kapal berfungsi sebagai alat angkut peralatan-peralatan penetralisir ranjau. Dilihat dari fungsi utama kapal tersebut, maka kapal-kapal penyapu ranjau membutuhkan luas geladak yang relatif luas untuk tempat peralatan dan bidang kerja yang cukup bagi awak kapal pada saat melaksanakan tugasnya.

Disamping itu, kapal penyapu ranjau mempunyai ukuran utama yang relatif kecil tetapi di sisi yang lain kapal tersebut mempunyai awak kapal yang berjumlah besar. Sehingga dituntut untuk adanya penyediaan ruang akomodasi yang cukup bagi awak kapal dengan memperhatikan kebutuhan ruangan yang lain karena keterbatasan dimensi kapal.





**BAB III**  
**TINJAUAN TEKNIS**  
**KAPAL ANTI RANJAU**  
**MONOHULL**



## BAB III

### TINJAUAN TEKNIS KAPAL ANTI RANJAU MONOHULL

#### 3.1 UMUM

Untuk merencanakan sebuah kapal penyapu ranjau dengan model lambung catamaran, setidaknya-tidaknya diperlukan suatu perbandingan secara teknis untuk mengetahui apakah bentuk lambung catamaran benar-benar lebih sesuai untuk kapal penyapu ranjau dibandingkan dengan model lambung monohull.

Tinjauan teknis kapal lambung tunggal dalam tugas akhir ini berdasarkan data-data teknis kapal buru ranjau KRI Pualu Rengat (PRE 711) milik TNI-AL dari kelas *Tripartite*. Diambilnya kapal penyapu ranjau dari kelas *Tripartite* ini sebagai acuan utama karena secara teknis kapal tersebut merupakan kapal penyapu ranjau terbaru yang dimiliki oleh TNI-AL, disamping itu kapal penyapu ranjau kelas *Tripartite* ini juga masih dipakai oleh negara-negara NATO sebagai salah satu sarana pendukung utama, sehingga dari segi teknologi kapal ini dapat dikatakan modern.

#### 3.2 KEBUTUHAN AKAN KAPAL PENYAPU RANJAU

Pada saat ini Indonesia memiliki 13 buah kapal penyapu ranjau, yaitu 9 buah kelas *Condor* buatan Jerman Timur, 2 buah kelas *Tripartite* buatan Prancis, dan 2 buah kelas *T 43 MSO* buatan Uni Sovyet yang difungsikan

sebagai kapal patroli karena kerusakan sistem degaussing. Dengan 11 unit kapal yang aktif jelas sangat kurang jika dibandingkan dengan luasnya wilayah perairan. Hal ini dapat dilihat pada tabel di mana kebutuhan akan kapal penyapu ranjau Indonesia dan negara-negara ASEAN sangat kurang jika dibandingkan dengan negara-negara NATO dan beberapa negara lain. Padahal secara regional Asia Tenggara merupakan wilayah yang rawan akan ancaman ranjau karena alasan politis.

	Mine Sweeper Coastal	Mine Sweeper Ocean	Mine Hunter	Mine Sweeper Boat	Mine Layer
Indonesia	9	2	2		
Malaysia			4		
Thailand	12		3		3
Vietnam	2	2	6	5	

Tabel 3.1 Kapal Anti Ranjau negara-negara ASEAN

	MHC	MHO	MSC	MSO	MCM	MWD	M L	TOTAL
AMERIKA	12	-	3	-	-	-	-	15
BELGIA	7	2	-	-	-	-	-	9
KANADA	6	12	8	-	-	-	-	26
DENMARK	12	-	2	-	-	-	6	20



FINLANDIA	-	-	13	-	-	-	7	20
PRANCIS	-	16	4	-	-	--	-	20
JERMAN	-	-	16	10	-	7	-	44
YUNANI	-	-	17	-	-	-	2	19
ITALIA	5	-	12	-	-	-	-	17
BELANDA	15	-	6	-	-	-	-	21
NORWAY	-	-	14	-	-	-	3	17
PORTUGAL	-	-	4	-	-	-	-	4
SPANYOL	4	-	16	-	-	-	-	20
TURKI	8		28	4	-	-	5	45
INGGRIS	12	-	13	5	-	-	-	30
						TOTAL		327 UNIT

Tabel 3.2 Kapal-kapal Anti Ranjau negara-negara NATO

Keterangan :

MHC = Mine Hunter Coastal

MCM = Mine Counter Measure

MHO = Mine Hunter Ocean going

MWD = Mine Warfare

MSC = Mine sweeper Coastal

ML = Mine layer

MSO = Mine Sweeper Ocean going

MCMB= Mine Counter Measure Boat

	MHC	MHO	MSC	MSO	MCMB	MWD	ML	TOTAL
JEPANG	-	3	32	-	4	-	1	40
KOREA SELATAN	6	-	10	-	-	-	1	17

CHINA	-	-	86	127	-	50	-	274
RUSIA	-	2	92	58	15	-	-	234
MESIR	3	-	-	10	-	-	-	13
BULGARIA	-	-	8	11	-	-	-	19
AUSTRALIA	6	2	8	-	-	-	-	16

Tabel 3.3 Kapal Anti Rajau negara-negara lain

Dari tabel 3.1 diatas dapat dilihat, secara regional jumlah total kapal penyapu ranjau yang dimiliki oleh negara-negara ASEAN hanya 38 unit kapal. Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah perairan terluas hanya dapat memberikan kontribusi 11 unit kapal penyapu ranjau aktif, dan jumlah sekian itupun lebih diutamakan untuk kepentingan nasional Indonesia daripada kepentingan regional ASEAN.

Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan penambahan jumlah kapal-kapal penyapu ranjau sebagai sarana penunjang keamanan wilayah perairan Indonesia.

### 3.3 KAPAL PENYAPU RANJAU MONOHULL

Tinjauan teknik dalam tulisan ini didasarkan pada kapal penyapu ranjau kelas tripartite, adapun data teknis dari kapal tersebut adalah:

Nama : KRI Pulau Rengat (PRE 711)

Type : Mine Hunter



Kelas	: TRIPARTITE
Dimensi	: 168 x 29.2 x 8.2 feet (51.5x 8.9 x 2.5 meter)
Displacement	: 502 ton
Full load	: 568 ton
Main Engine	: 2 MTU 12V 396 TC 82 Diesel 2610 HP / 1.92 MW 2 shafts 3 Turbomeca Gas Turbine Generator 2 motor 2400 HP / 1.76 MW 2 Retractable SCHOTTEL propulsor 2 Bow Thruster 150 HP / 110 kW
Speed	: 15 knot / 7 knot Aux Propulsor
Range	: 3000 mii at 12 knots
Complement	: 46 + 4 spare berths
Weapon	: 2 Guns REINHMETALL 20 mm Short Range Missile / 32 mm gun
Countermeasures	: OD 3 Oropesa Mechanical Sweeping Gear FISKARS F - 82 Magnetism Sweep SA Marine AS 203 Accoustic Sweep IBIS V Minehuntuing 2 PAP 104 Mk 4
Combat Data System	: Signaal SEWACO - RI action Data Automation
Radar	: NAV RACAL Decca AC 1229 C 1 band

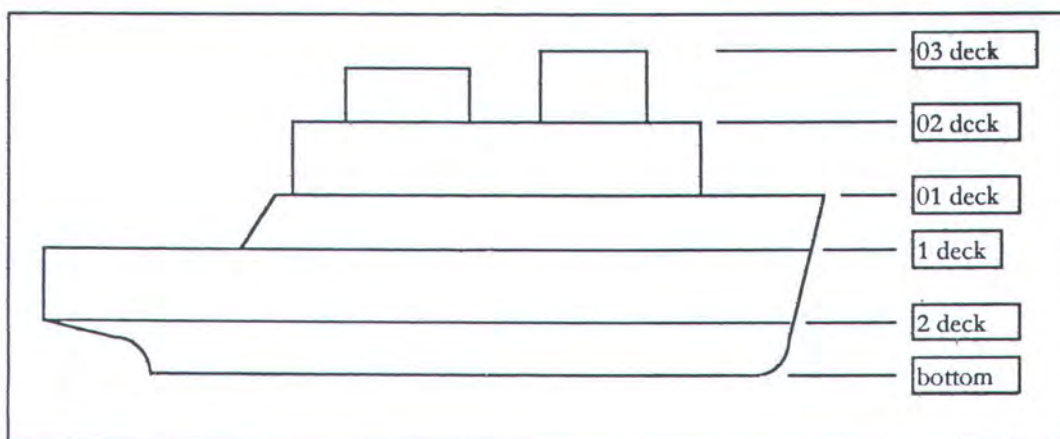
Sonar : Thompson Sintra TSM 2022

Active minehunting : high frequency

### 3.3.1 Luas Geladak

Kapal-kapal anti ranjau (*mine countermeasure vessels*) mempunyai fungsi utama sebagai *platform* yaitu sebagai pengangkut peralatan penyapuan ranjau, peralatan buru ranjau, dan personel yang terdiri dari awak kapal dan personel penunjang operasi. Sehingga kapal anti ranjau dituntut untuk mempunyai geladak yang luas.

Pada kapal buru ranjau kelas *Tripartite* yang berfungsi sebagai kapal pemburu dan penyapu ranjau, maka kapal tersebut juga harus menyediakan luas geladak yang cukup sebagai tuntutan dari fungsi utama kapal tersebut. Untuk itu akan dilakukan tinjauan teknis mengenai luas geladak bagi ruang akomodasi dan geladak buritan (*deck party*). Pada kapal ini terdapat beberapa geladak seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Susunan geladak kapal buru ranjau kelas Tripartite

Luas masing-masing geladak adalah :



Bottom	: 326,88	m <sup>2</sup>	
2 deck	: 403,93	m <sup>2</sup>	
1 deck	: 418, 43	m <sup>2</sup>	
01 deck	: 370,19	m <sup>2</sup>	
02 deck	: 193,09	m <sup>2</sup>	
03 deck	: 26,75	m <sup>2</sup>	dan 20.65 m <sup>2</sup>

### 3.3.1.1 Ruang Akomodasi

Secara teknis kapal buru ranjau kelas Tripartite dirancang dengan daya tampung untuk 46 orang awak kapal dengan cadangan 4 tempat tidur, kapal tersebut dirancang dengan daya tampung 46 sampai 50 orang.

Pada kapal buru ranjau kelas Tripartite disediakan ruang akomodasi bagi awak kapal adalah sebagai berikut :

1 ruang	Komandan	kapasitas 1 tempat tidur
1 ruang	XO	kapasitas 1 tempat tidur
2 ruang	Perwira	kapasitas masing-masing 2 tempat tidur
2 ruang	Senior rate	kapasitas masing-masing 2 tempat tidur
1 ruang	Senior rate	kapasitas 4 tempat tidur
1 ruang	Senior rate	kapasitas 6 tempat tidur
2 ruang	Junior rate	kapasitas masing-masing 9 tempat tidur
1 ruang	Junior rate	kapasitas 12 orang

Jumlah total kapasitas tempat tidur adalah 50 unit.

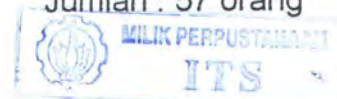
Dan luas masing-masing ruangan akomodasi bagi awak kapal adalah:

1 ruang	Komandan kapasitas 1 tempat tidur	: 5.61 m <sup>2</sup>
1 ruang	XO kapasitas 1 tempat tidur	: 5.61 m <sup>2</sup>
2 ruang	Perwira kapasitas masing-masing 2 tempat tidur	: 5.52 m <sup>2</sup>
1 ruang	Senior rate kapasitas 2 tempat tidur	: 3.79 m <sup>2</sup>
1 ruang	Senior rate kapasitas 2 tempat tidur	: 4.16 m <sup>2</sup>
1 ruang	Senior rate kapasitas 4 tempat tidur	: 6.68 m <sup>2</sup>
1 ruang	Senior rate kapasitas 6 tempat tidur	: 9.36 m <sup>2</sup>
1 ruang	Junior rate kapasitas 9 tempat tidur	: 8.69 m <sup>2</sup>
1 ruang	Junior rate kapasitas 9 tempat tidur	: 9.69 m <sup>2</sup>
1 ruang	Junior rate kapasitas 12 orang	: 9.43 m <sup>2</sup>

Pada prinsipnya penentuan jumlah awak kapal didasarkan pada jumlah tempat tidur yang disediakan dalam kapal, tetapi pada prakteknya jumlah awak yang berada di kapal buru ranjau kelas tripartite melebihi ketentuan teknis, jumlah awak kapal yang ada adalah :

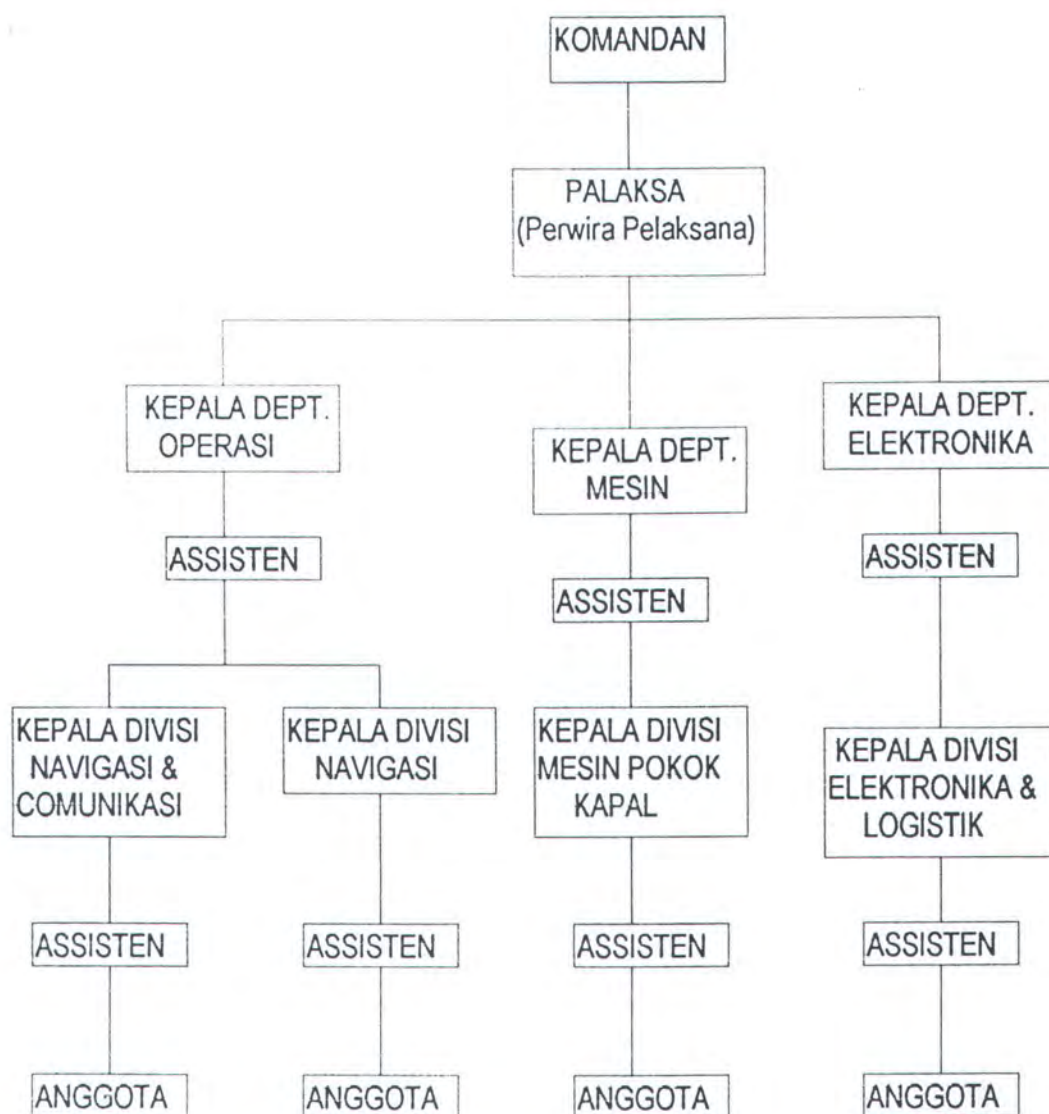
	Perwira	Bintara	Tamtama
Komandan	1		
Palaksa	1		
Dept. Operasi	5	8	11
Dept. Mesin	2	6	9
Dept. Elektronika	2	6	6
	11	20	26

Jumlah : 57 orang





Susunan organisasi awak kapal tetap adalah :



Gambar 3.2 Organisasi personil KRI Pulau Rengat (PRE 711)

Disamping itu pada saat kapal melakukan operasi penyapuan, kapal biasanya membawa awak tambahan yang terdiri dari 1 sampai 2 regu penyelam dan 1 orang dokter sebagai tenaga medis. Dengan 1 regu penyelam terdiri dari 7 orang, sehingga tambahan jumlah awak kapal pada saat operasi

tergantung pada lama operasi kapal dan luas wilayah operasi. Sehingga pada saat operasi kapal dapat membawa awak kapal berkisar antara 58 sampai 65 orang.

### 3.3.1.2 Ruang Operasional

Pada kapal buru ranjau kelas Tripartite terdapat ruang-ruang pendukung operasional kapal. Ruang-ruang tersebut berfungsi sebagai sarana akomodasi awak kapal dan sebagai pos-pos tempur bagi personil pada saat kapal melakukan operasi tempur dan penyapuan atau perburuan ranjau laut.

Ruang-ruang tersebut adalah :

- 1) 02 Deck : Wheel house
- 2) 01 Deck : Combat Information Centre (CIC) : 2.5 x 5.7 m  
Radio room : 3.3 x 1.8 m  
Long room : 2.35 x 3.4 m  
Electrical room : 1.6 x 1.9 m  
Pantry : 1.9 x 1.1 m  
Genset room  
Arms Locker  
Toilet  
Fanroom
- 3) 1 Deck : Boatswain Store : 3.9 x 2.8 m  
Washroom ratings + 2 Shower  
Ammunition store  
3 Toilet



	4 WC	
	2 Shower	
	Laundry	: 1.6 x 1.4 m
	Central Control Station (CCS)	: 4.5 x 2.4 m
	Change room Divers	: 1.5 x 1.6 m
4)	2 Deck :	
	Paint store	
	Chain locker	
	Bowthruster room	
	Sonar Room	: 1.95 x 2.8 m
	Electrical store	: 1 x 2.1 m
	Bonded Store	: 1.6 x 1.3 m
	2 Stability tank (left & right)	
	Main Engine room	
	2 Shower + 2 Toilet + 2 WC	
	Dry Provision Store	: 2.1 x 1.75 m
	General Store	: 2.1 x 2.1 m
	Electical Workshop	: 1.3 x 1.35 m
	Mechanic Store	: 1.9 x 1.25 m
	PAP Equipment store	: 2.85 x 1.65 m
	Sweeping Gear	: 2.85 X 1.35 M
	Workshop Divers	: 1.75 x 1.85 m
	Equipment Divers	: 1.35 x 2 m
	Retractable propeller room	: panjang ruang 1.85 m
	dengan jarak 5.45 m dari ujung belakang kapal	

5)	Bottom:	Main Engine room	: L = 6.4 m
		Paint store	
		Chain locker	
		Bow Thruster	
		Rice Store	: 1.5 x 1 m
		2 Portable water	
		Sonar trunk	
		Auxiliary Engine room	: L = 3.2 m

### 3.3.1.3 Deck Party

Deck party adalah geladak utama kapal (deck 1) bagian buritan, dimana pada geladak terdapat peralatan pemburu dan penyapu ranjau. Pada saat kapal melakukan operasi pemburuan atau penyapuan ranjau, sebagian besar kegiatan terkonsentrasi pada deck party. Sehingga pada geladak ini diperlukan luas yang cukup untuk awak kapal dan peralatan penyapuan dan buru ranjau.

Awak kapal akan menempati pos tempurnya masing-masing pada saat kapal beroperasi. Menurut buku panduan tempur, pada saat kapal peran penyapuan maka awak kapal yang bertugas di deck party adalah :

- Kepala Divisi Persenjataan (Kadivsen)
- Bama / Kepala deck party : sebagai supervisi alat penyapu ranjau (APR)
- Operator winch penyapuan mekanik



- Bintara penyapuan : memimpin operasi penyapuan
- Anggota deck party :
  - 3 orang perangkai APR akustik
  - 1 orang perangkai APR magnetik
  - 1 orang operator winch dan pengawas traksiometer
  - 1 orang operator APR mekanik
  - 1 orang pembantu APR magnetik dan mekanik
  - 1 orang pembantu perangkai magnetik dan akustik

Jumlah awak kapal yang berada di deck party pada saat operasi penyapuan ranjau adalah 12 orang ditambah 1 sampai 2 regu penyelam yang terdiri dari 7 sampai 14 orang. Jadi pada deck party harus dapat menampung 19 sampai 26 orang.

Sedangkan di atas deck party juga diperlukan tempat untuk meletakkan peralatan buru ranjau dan penyapuan ranjau serta harus diperhitungkan juga kebutuhan untuk area kerja peralatan tersebut. Disamping itu biasanya pada deck party diberi kelebihan luas untuk peletakkan peralatan tambahan yang perlu dibawa. Kapal buru ranjau kelas Tripartite dilengkapi dengan peralatan buru ranjau dan penyapu ranjau yang diletakkan di deck party, yaitu :

2 unit PAP 104 yang diletakkan diatas rel

2 unit Sweeping winch

2 unit crane

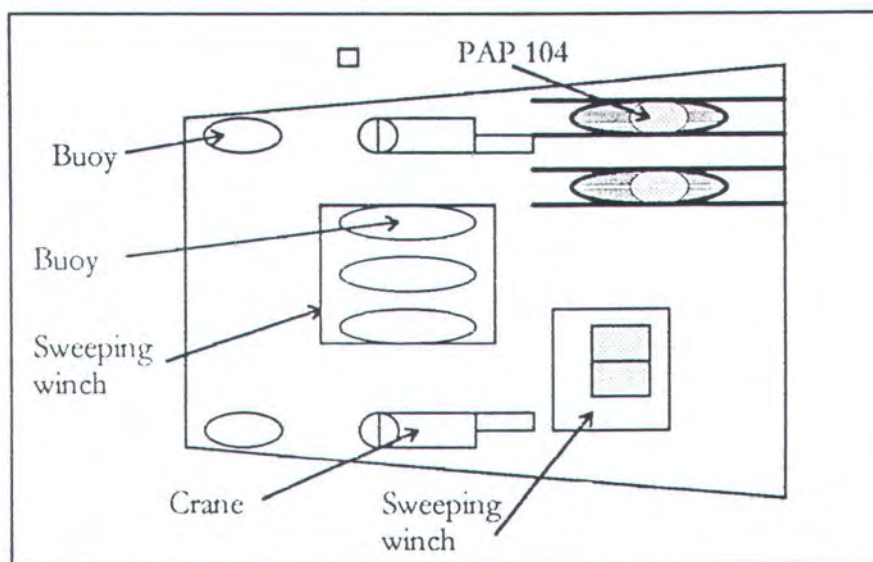
2 unit PAP 104 yang diletakkan diatas rel

2 unit Sweeping winch

2 unit crane

5 unit buoy : 3 diletakkan diatas wich

2 diletakkan di deck



Gambar 3.3 Lay out deck party

Luas deck party :  $84 \text{ m}^2$

Luas yang dibutuhkan untuk peralatan :

2 unit PAP 104 yang diletakkan diatas rel :  $9.1 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} = 40.95 \text{ m}^2$

Sweeping winch I :  $1.9 \text{ m} \times 2.2 \text{ m} = 4.18 \text{ m}^2$

Sweeping winch II :  $3.4 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 8.5 \text{ m}^2$

2 unit crane :  $2 \times (1.35 \times 1.3) = 3.51 \text{ m}^2$

5 unit buoy : 3 diletakkan diatas winch II

2 diletakkan di deck :  $2 \times (1.4 \times 0.3) = 0.84 \text{ m}^2$

Luas total untuk peralatan :  $57.98 \text{ m}^2$



### 3.3.2 Tanki-Tanki

Pada kapal buru ranjau kelas Tripartite juga terdapat tanki-tanki sebagai tempat penampungan air tawar dan minyak diesel.

#### 3.3.2.1 Tanki Air Tawar

Kapasitas tanki :

Tangki air tawar : 16 000 liter

Kapal dilengkapi dengan peralatan reverse osmosis untuk memproduksi air tawar dari air laut dengan kapasitas produksi air tawar : 3000 liter/etmal atau 125 liter/jam

Pemakaian : 6000 liter/etmal atau 250

liter/jam Sistem sanitasi menggunakan air tawar

#### 3.3.2.2 Tanki Bahan Bakar

Kapasitas tanki :

Tanki utama : 55000 Liter

Tanki cadangan adalah tanki stabilizer yang diisi bahan bakar, hal ini dilakukan hanya dalam keadaan darurat : 26000 liter

Pemakaian bahan bakar :

Pelayaran Lintas Laut :

- 2 Motor Pokok + Diesel Generator

Kecepatan maksimum : 350 Lt/jam (8400 Lt/etmal)

Kecepatan Jelajah : 310 Lt/jam (7400 Lt/etmal)

Kecepatan Ekonomis : 250 Lt/jam (6000 Lt/etmal)

- 2 Motor Pokok + 1 Gas Turbin Generator

Kecepatan maksimum : 415 Lt/jam (9960 Lt/etmal)

Kecepatan Jelajah : 350 Lt/jam (8400 Lt/etmal)

Kecepatan Ekonomis : 200 Lt/jam (6960 Lt/etmal)

Perburuan Ranjau :

- 2 Gas Turbin Generator : 200 Lt/jam (4800 Lt/etmal)

### 3.3.3 Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah kapal mendapatkan gangguan luar seperti ombak. Pada kapal-kapal penyapu ranjau dituntut untuk memiliki stabilitas yang sebaik mungkin, hal ini karena pada saat beroperasi peralatan yang bekerja membutuhkan platform yang tenang, sehingga mendapat hasil yang baik dan akurat.

Kapal buru ranjau kelas Tripartite mempunyai lambung timbul dan bangunan atas yang besar sedang sarat kapal relatif rendah. Sehingga pada saat berlayar kapal beresiko untuk kehilangan keseimbangan metasentra melintangnya, atau kemungkinan untuk terjadi oleng pada kapal sangat besar dan sering. Karena secara teknis kapal penyapu ranjau memerlukan periode oleng yang sebesar mungkin, maka periode oleng kapal dapat diambil sebagai salah satu parameter stabilitas kapal.



Pada analisa teknik ini, periode oleng ditinjau pada air tenang dan tanpa damping.

Dimensi utama kapal :

Lpp : 47.1 m

Lwl : 48.56 m

Lebar (B) : 8.9 m

Sarat (T) : 2.5 m

Kec. Dinas (Vs) : 13 knot

Displacement : dihitung pada kondisi operasi (full load) = 568 ton

$$C_b = \frac{Displ}{Lwl \times B \times T \times 1.025} = \frac{568}{48.56 \times 8.9 \times 2.5 \times 1.025} = 0.513$$

$$C_w = (1 + 2 \cdot C_b) / 3 = (1 + (2 \times 0.513)) / 3 = 0.675$$

$$C_m = 0.93 + 0.08 C_b = 0.93 + (0.08 \times 0.513) = 0.971$$

Momen inersia massa kapal diperoleh dari harga massa kapal dikalikan dengan jari-jari girasi kapal : yaitu

$$I_{xx} = m \cdot K_{xx}^2 \quad \text{dimana } m = \Delta/g; \quad D = \text{displacement}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$K_{xx}$  = jari-jari girasi

$$I_{xx} + \delta I_{xx} = I_{xx}'$$

$$I_{xx}' = \Delta/g \cdot k_{xx}^2 + 0.2 \Delta/g \cdot k_{xx}^2 = 1.2 \Delta/g \cdot k_{xx}^2$$

sedangkan jari-jari girasi ( $k_{xx}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan yang telah didapatkan dari hasil percobaan model kapal :

$$\left[ \frac{K_{xx}}{B} \right]^2 = f \cdot \left[ C_b \cdot C_u + 1,1 C_u (1 - C_b) \left( \frac{H_E}{T} - 2,2 \right) \right] + \frac{H_E^2}{B^2}$$

dimana :  $K_{xx}$  = jari-jari girasi vertikal terhadap sumbu yang melalui titik berat kapal

$C_b$  = Koefisien Blok

$C_u$  = Koef luas geladak =  $A/L \cdot B$

$$= 418.43 / (51.5 \times 8.9) = 0.912$$

$H_E$  = Tinggi efektif bangunan atas =  $D + A/L_{PP}$

$$D = 1.8 \text{ meter}$$

$A$  = Luas proyeksi lateral dari bangunan atas dan deck house diatas main

$$\text{deck} = 498.04 \text{ m}^2$$

$$H_E = 12.37$$

$T$  = Sarat kapal

$B$  = Lebar kapal

$f$  = Konstanta tergantung type kapal diambil 0.125

maka :

$$\left( \frac{K_{xx}}{8.9} \right)^2 = 0.125 \left[ (0.513 \times 0.912) + (1.1 \times 0.912 (1 - 0.513)) \cdot \left( \frac{12.37}{2.5} - 2.2 \right) + \frac{12.37^2}{8.9^2} \right]$$

$$= 0.3826$$

$$K_{xx}^2 = 30.3116$$



$$K_{xx} = 5.505 \text{ meter}$$

Tinggi metasentra

Harga tinggi metasentra tergantung pada :

1. Bentuk lambung kapal di bawah permukaan air
2. Letak titik berat (G) terhadap keel

Harga MG dapat ditentukan berdasarkan KM rumus :  $MG = KM - KG$

Menurut *Scheenkluth* harga KM dapat ditentukan dengan rumus:

$$KM = \frac{B}{\sqrt{C_m}} \left[ 0,078 \cdot \frac{B}{T} + \frac{0,525}{B/T} \left[ \frac{3 \cdot C_w}{1 + (2 \cdot C_b)} \right] \right]^{2/3}$$

sehingga

$$KM = \frac{8,9}{\sqrt{0,971}} \left[ 0,078 \times \frac{8,9}{2,5} + \frac{0,525}{8,9/2,5} \left[ \frac{3 \times 0,675}{1 + (2 \times 0,513)} \right] \right]^{2/3}$$

$$KM = 3.8373 \text{ meter}$$

KG diasumsikan adalah 65 % dari tinggi kapal atau  $0.65 H$

$$KG = 0.65 \times 1.8 = 1.17 \text{ meter}$$

$$\text{Jadi } MG = KM - KG$$

$$= 3.8373 - 1.17 = 2.6673 \text{ meter}$$

Setelah MG diketahui sebesar 2.6673 meter maka periode oleng dapat dihitung, dimana periode oleng tergantung pada lebar kapal dan tinggi metasentra. Menurut rumus *Herner*, maka besarnya periode oleng kapal dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_R = \frac{2\pi \cdot K_{xx}}{\sqrt{g \cdot MG}}$$

$$T_R = \frac{2\pi \cdot 5,505}{\sqrt{9,81 \times 2,6673}}$$

$$T_R = 6.76 \text{ detik}$$

### 3.3.4 Persenjataan

Pada kapal buru ranjau kelas Tripartite terdapat beberapa jenis senjata, baik senjata pertahanan kapal maupun peralatan perburuan dan penyapuan ranjau. kapal dilengkapi dengan beberapa jenis senjata, yaitu :

1. Mitraliur : Merk : Rhinmetal

Type : MK 20 DM 5 RH 202

Jumlah : 2 unit

Caliber : 20 mm

Kecepatan tembak : 880 - 1030 butir/ menit

Jarak tembak efektif : 2000 meter

Fungsi : sebagai pertahanan udara terbatas  
dan sebagai penembak ranjau yang mengapung.

2. Senjata ringan : a. Laras panjang : M - 16 A2

Fungsi : sebagai penembak ranjau yang mengapung

b. Pistol : King Cobra



3. Peralatan Buru Ranjau : Sistem buru ranjau IBIS V, yang merupakan satu sistem terpadu dari peralatan yang terdiri dari :

- a. Pesawat Precise Navigation : alat bantu navigasi untuk menentukan posisi ranjau
- b. Tactical Display Sistem, NavipLOT TSM 2060 : meja plot otomatis yang menampilkan kegiatan perburuan ranjau dan merekam seluruh hasil pada kaset dan peta perburuan.
- c. Sonar TSM 2022 : alat deteksi dan klasifikasi sasaran dengan jarak deteksi maksimum 2000 meter dan klasifikasi 250 meter.
- d. Doppler Log TSM 5730 : alat pencatat jelajah kapal yang mengukur kecepatan kapal.
- e. Mine Disposal Vehicle (MDV) : kendaraan buru ranjau bawah air yang dikendalikan melalui kabel dari atas kapal, yang ada type PAP 104 Mk 4
- f. Peralatan pendukung sistem IBIS V :  
Radar Decca AC 1229 C  
Gyro Compass Navigat V  
Autopilot

4. Peralatan Penyapuan ranjau :

- a. APR mekanik untuk menyapu ranjau mekanik/jangkar yang dilengkapi dengan explosive cutter
- b. APR akustik untuk menyapu ranjau akustik
- c. APR magnetik untuk menyapu ranjau magnet

### 3.3.5 Material Lambung kapal

Lambung kapal dibuat dengan menggunakan bahan *glass reinforced plastic (GRP)*, karena beberapa keunggulan teknis GRP dibanding dengan material lain untuk lambung kapal anti ranjau. Keunggulan teknis ini antara lain :

- Bahan GRP lebih ringan dari bahan lain.
- Kekuatan GRP mencukupi untuk dipakai lambung kapal.
- GRP lebih lentur dari bahan lain.
- Meskipun lebih mudah robek, tetapi GRP lebih mudah dan cepat dalam perbaikannya.
- Lebih mudah dalam produksi kapal.
- Daya kemagnetan lambung jauh lebih kecil.

### 3.3.6 Sinyal Akustik

Daya akustik kapal kecil, terutama dalam melaksanakan perburuan ranjau, karena pada saat operasi kapal menggunakan tenaga penggerak listrik yang dihasilkan dari gas turbine generator (GTG). GTG diletakkan pada geladak 01 jauh dari permukaan air sehingga getaran resi akustik yang dihasilkan tidak sampai ditangkap oleh sensor ranjau akustik.

### 3.3.7 Sinyal Magnetik

Disamping lambung dari bahan GRP, semua pesawat yang dipasang mempunyai daya kemagnetan yang sangat kecil bahkan beberapa pesawat tertentu non magnetik sama sekali.



Penempatan pesawat sudah diperhitungkan dengan daya kemagnetan yang masih ada, sehingga pesawat-pesawat yang terpasang tidak boleh dipindahkan dari tempat asalnya karena akan merubah besar dan arah kemagnetan kapal. Disamping itu kapal juga dipasang sistem degaussing yang berfungsi untuk menetralkan daya magnet.

### 3.3.8 Sinyal Tekanan

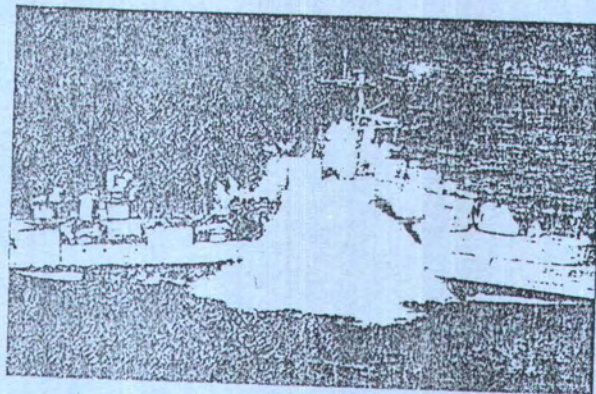
Disiplin kapal dalam kondisi tempur tidak sampai 600 ton dan dapat dijalankan dengan kecepatan rendah, sehingga tekanan air yang dihasilkan sangat rendah.

### 3.3.9. Shock Resistance Tinggi

Semua pesawat yang dipasang dilengkapi dengan *shock absorber*, untuk meredam getaran yang diakibatkan ledakan ranjau dibawah air.

Dari hasil percobaan terhadap *prototype* kapal buru ranjau kelas *Tripartite*, dengan ledakan 1Ton bahan peledak dengan jarak 100 meter kapal hanya mengalami kerusakan kecil.





**BAB IV**  
**ANALISA TEKNIK**  
**KAPAL PENYAPU**  
**RANJAU CATAMARAN**



## BAB IV

### ANALISA TEKNIK KAPAL PENYAPU RANJAU

#### CATAMARAN

##### 4.1 TINJAUAN UMUM

Secara umum kapal anti ranjau memerlukan geladak yang luas, gerakan yang tenang, amplitudo olengan yang sekecil mungkin, sarat yang kecil, dan displacemen kapal yang kecil. Hal ini untuk menghindari kapal terkena ledakan ranjau. Kapal-kapal anti ranjau yang ada sekarang ini kebanyakan mempunyai lambung tunggal sehingga timbul beberapa kendala antara lain luas geladak yang sangat terbatas dan olengan kapal yang cukup besar, untuk mengantisipasi gerak oleng yang berlebihan kapal dilengkapi dengan stabilizer tank. Dengan demikian gerak oleng dapat dikurangi secara drastis tetapi di sisi lain stabilizer tank akan memakan tempat yang cukup besar sehingga ruang akomodasi awak kapal terpaksa dikorbankan, dan lagi muatan kapal otomatis akan berkurang cukup banyak.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka catamaran dipandang sangat memenuhi sarat untuk diterapkan sebagai kapal anti ranjau, karena kelebihan dibanding kapal monohull.

##### 4.2 PEMILIHAN MODEL

Kapal penyapu ranjau yang merupakan salah satu jenis kapal anti ranjau (*mine countermeasure vessel*) bekerja pada daerah medan ranjau, segala

resiko ledakan ranjau harus dapat dihindari. Sedangkan menurut jenisnya, seperti yang telah disebutkan pada bab terdahulu, ranjau akan meledak jika sensor dari ranjau mendapatkan sinyal tertentu yang akan mengaktifkan detonator ranjau, seperti kontak dengan lambung kapal, perbedaan tekanan air karena displasmen kapal yang besar, sinyal magnetis karena lambung kapal yang terbuat dari logam magnetik seperti baja, dan getaran yang ditimbulkan oleh mesin dan hempasan air pada lambung karena putaran propeller.

Untuk menghindari hal tersebut, maka kapal-kapal anti ranjau pada umumnya harus dirancang dengan persyaratan teknis tertentu, seperti displasmen yang relatif kecil, sarat kapal yang tidak terlalu dalam, getaran yang kecil, stabilitas yang sebaik mungkin, dan material lambung kapal yang tidak menimbulkan medan magnet.

Disamping itu kapal-kapal penyapu ranjau berfungsi sebagai platform, dimana kapal mengangkut peralatan dan awak kapal dalam jumlah yang relatif besar, sehingga diperlukan luas geladak yang memadai untuk menampung semua peralatan dan memberikan ruang gerak yang cukup untuk awak kapal dalam melaksanakan pekerjaannya.

Dengan pertimbangan hal tersebut diatas, maka model lambung catamaran dipandang sesuai untuk dipakai sebagai kapal anti ranjau atau kapal penyapu ranjau khususnya. Catamaran adalah suatu model lambung ganda dengan stuktur melintang yang menghubungkan kedua lambung tersebut. Model lambung catamaran mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan lambung tunggal (*monohull*), antara lain:



- fragmen pecahan simulator dengan massa 1,1 gr dengan kecepatan 460 m/dt.
- M1 carabine dengan massa 110 gr dengan kecepatan 570 m/dt.
- Peluru armalite dengan massa 55gr dengan kecepatan 976 m/dt.

#### 4.4 AWAK KAPAL

Pada kapal pemburu dan penyapu ranjau catamaran yang akan dirancang, awak kapal direncanakan sebanyak 65 orang. Susunan dan jumlah awak kapal direncanakan berdasarkan acuan dari awak kapal buru ranjau kelas Tripartite KRI Pulau Rengat (PRE 711). Jumlah awak kapal tersebut

	<i>Perwira</i>	<i>Bintara</i>	<i>Tamtama</i>	
Komandan	1			
Palaksa	1			
Dept. Operasi	5	8	11	
Dept. Mesin	2	6	9	
Dept. Elektronika	2	6	6	
Medis	1			
Penyelam		6		
	12	27	26	65 orang

Tabel 4.1 Jumlah awak kapal catamaran

#### 4.5 PERENCANAAN KAPAL ANTI RANJAU CATAMARAN

Berdasarkan pada susunan dan jumlah awak kapal diatas, maka dapat direncanakan ukuran utama kapal, ruang akomodasi, estimasi mesin utama,

mesin bantu, generator pembantu, dan stabilitas. Perhitungan perencanaan awal lebih banyak diasumsikan sama dengan kapal monohull acuan, yaitu kapal buru ranjau kelas Tripartite.

#### 4.5.1 Ukuran Utama Catamaran

Ukuran utama kapal untuk catamaran terdiri dari panjang kapal yaitu panjang keseluruhan (*LoA*), panjang antara dua garis tegak kapal (*Lpp*), panjang garis air kapal (*LWL*), lebar lambung kapal (*Breadth*), lebar wing, lebar kapal (*Width*), dan sarat kapal (*Draught*). Ukuran utama kapal ditentukan dari panjang garis air kapal, panjang garis air catamaran yang akan dirancang diambil sama dengan panjang kapal acuan yaitu sepanjang 51,5 meter. Hal ini diasumsikan bahwa kapal yang akan dirancang mempunyai fungsi yang sama dengan kapal acuan, sehingga jumlah dan susunan awak kapal sama, serta peralatan yang dipakai sama.

Setelah panjang garis air dapat diketahui, maka ukuran utama lain dapat diketahui. Ukuran utama dan body plan diambil dari paper *Resistance Experiments on A Systematic Series of High Speed Displacement Catamaran Forms: Variation of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draught Ratio*, yang dikeluarkan oleh *The Royal Institution of Naval Architects* pada bulan November 1995.

Dari paper tersebut diketahui beberapa angka perbandingan, koefisien, dan titik tekan yaitu :

$$L/B = 9,9$$

$$B/T = 2,5$$



$$S/L = 0,2$$

$$L/ = 8,49$$

$$C_b = 0.397$$

$$C_p = 0,693$$

$$C_m = 0.565$$

$$LCB = -6,4 \text{ m dari midship}$$

Sehingga ukuran utama kapal dapat diketahui, yaitu sebesar:

$$L_{wl} = 51,5 \text{ m}$$

$$B = 5,2 \text{ m}$$

$$W_{ing} = 10,3 \text{ m}$$

$$W_{idht} = 20.7 \text{ m}$$

$$T = 2,1 \text{ m}$$

$$V_{max} = 16 \text{ Knot}$$

$$V_{serv} = 14 \text{ Knot}$$

$$\text{Displacemen} = 223,2 \text{ ton}$$

$$\text{Displacemen total} = 2 \times 223,2 = 446.4 \text{ ton}$$

Dari ukuran utama kapal tersebut dapat digambarkan *lines plan* kapal.

#### 4.5.2 Ruang Akomodasi

Secara ideal jumlah awak kapal harus sesuai dengan luasan ruang akomodasi yang tersedia pada kapal. Tetapi pada kapal-kapal perang umumnya terjadi pengorbanan ruang akomodasi bagi awak kapal, yang disebabkan oleh keperluan operasional kapal, penambahan peralatan, dan penambahan jumlah personil yang tidak diperhitungkan pada desain awal.

kapal. Hal tersebut berdampak negatif pada kenyamanan dan produktifitas kerja awak kapal. Untuk itu perlu disediakan ruang akomodasi yang sesuai dengan standar yang berlaku bagi kapal-kapal perang.

Sesuai dengan jumlah dan susunan awak kapal yang telah ditentukan diatas, maka dapat direncanakan luas ruang akomodasi bagi setiap awak kapal menurut standar dan hirarki yang berlaku. Menurut ketentuan standar luas ruang akomodasi untuk kapal-kapal perang permukaan bagi kapal-kapal perang NATO dalam *Habitability in Surface Warship*, kebutuhan luas ruang akomodasi minimamal bagi awak kapal perang adalah:

Ruang tidur :

Komandan	: $7\text{m}^2$
Executive Officer (XO)	: $8\text{m}^2$
Kepala Departemen	: $7\text{m}^2$
Perwira lain	: $4,2\text{m}^2$
Perwira dalam tugas khusus	: $4,1\text{m}^2$
Bintara (kabin 4 berth)	: $2,2\text{m}^2/\text{orang}$
Bintara (kabin 6 berth)	: $1,6\text{m}^2/\text{orang}$
Tamtama	: $1,5\text{m}^2/\text{orang}$

Ruang makan :

Komandan dan perwira	: $17\text{m}^2$
Bintara	: $0,4\text{m}^2/\text{orang}$
Tamtama	: $0,3\text{m}^2/\text{orang}$

Ruang rekreasi :



Perwira	: $2,4 \text{ m}^2 / \text{orang}$
Bintara	: $0,75 \text{ m}^2 / \text{orang}$
Tamtama	: $0,5 \text{ m}^2 / \text{orang}$

Dari standar tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan luas ruang akomodasi untuk kapal yang akan direncanakan. Karena susunan dan jumlah awak kapal diasumsikan sama dengan kapal acuan, maka penyediaan ruang akomodasi juga dirancang sesuai dengan kapal acuan. Sehingga luas minimal ruang akomodasi untuk kapal penyapu ranjau catamaran adalah :

Komandan	: $7 \text{ m}^2$
Palaksa	: $7 \text{ m}^2$
Ruang perwira (2 berth)	: $8,4 \text{ m}^2$
Ruang perwira (2 berth)	: $8,4 \text{ m}^2$
Ruang bintara (2 berth)	: $4,4 \text{ m}^2$
Ruang bintara (2 berth)	: $4,4 \text{ m}^2$
Ruang bintara (4 berth)	: $8,8 \text{ m}^2$
Ruang bintara (6 berth)	: $9,6 \text{ m}^2$
Ruang tamtama (9 berth)	: $13,5 \text{ m}^2$
Ruang tamtama (9 berth)	: $13,5 \text{ m}^2$
Ruang tamtama (12 berth)	: $18 \text{ m}^2$
Ruang penyelam (6 berth)	: $9,6 \text{ m}^2$
Ruang tenaga medis	: $4,1 \text{ m}^2$

Ruang makan dan rekreasi :

$$\text{Perwira} : 17 \text{ m}^2 + (2,4 \text{ m}^2 \times 12) = 45,8 \text{ m}^2$$

Bintara	: $(0,4\text{m}^2 + 0,75\text{m}^2) \times 27 = 31,5\text{m}^2$
Tamtama	: $(0,3\text{m}^2 + 0,5\text{m}^2) \times 26 = 20,8\text{m}^2$

#### 4.5.3 Fasilitas Operasi

Yang dimaksud dengan fasilitas operasi adalah ruangan atau tempat untuk melaksanakan kegiatan bagi awak kapal pada saat kapal melaksanakan operasi penyapuan atau perburuan ranjau. Dalam lingkungan Angkatan laut fasilitas operasi diatas kapal perang disebut sebagai pos-pos tempur.

Kapal anti ranjau catamaran direncanakan dilengkapi dengan peralatan yang sama dengan kapal acuan yaitu kapal buru ranjau kelas *Tripartite*, sehingga kebutuhan ruang-ruang operasional sama dengan kapal acuan. Tetapi karena catamaran mempunyai geladak yang jauh lebih luas, maka tinggi kapal dapat dikurangi dengan merubah tata letak ruang dalam kapal.

Deck party yang merupakan geladak buritan kapal dimana kegiatan operasi penyapuan ranjau sebagian besar terkonsentrasi diatasnya dapat diperluas. Luas deck party untuk kapal penyapu ranjau catamaran adalah:

Panjang geladak : 12 m

Lebar geladak : 20.7m

Luas geladak :  $248\text{ m}^2$

Dengan luas geladak sebesar  $248,4\text{ m}^2$ , maka ruang gerak awak kapal lebih luas dan tersedia tempat untuk penambahan peralatan baru tanpa harus mengorbankan ruang akomodasi awak kapal.



#### 4.5.3 Perhitungan Tahanan Total Kapal

Tahanan kapal (*resistance*) pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan total kapal terdiri dari beberapa komponen tahanan yang berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam sebab dan saling berinteraksi dalam cara yang rumit. Komponene tahanan tersebut terdiri dari tahanan gesek, tahanan sisa, tahanan viskositas, tahanan tekanan, tahanan tekanan viskos, tahanan gelombang (*wave making resistance*), tahanan pola gelombang (*wave pattern resistance*), tahanan pemecahan gelombang, tahanan semprotan (*spray resistance*), dan tahanan tambahan yang terdiri dari tahanan anggota lambung kapal (*appendages resistance*), tahanan kekasaran lambung, tahanan udara, tahanan kemudi.

Untuk menghitung tahanan total kapal secara praktis, maka tahanan total kapal dipandang sebagai sesuatu yang terdiri dari komponen yang saling dikombinasikan dengan memakai metode tertentu. Salah satu rumus pendekatan yang akan dipakai dalam perhitungan tahanan total kapal catamaran ini adalah rumus yang diambil dari *Holtrop, J. A. Statistical Resistance Prediction Method With a Speed Dependent Form Factor, Maritime Research Institute Netherlands, February 1977*

, dengan asumsi pemisahan (*separation*) antara kedua lambung tidak berpengaruh terhadap tahanan kapal.

$$\text{Koefisien friksi} : C_{FO} = \frac{0,075}{\log(R_n - 2)^2}$$

dimana  $R_n = \frac{v \cdot L}{\nu}$  adalah angka Reynolds

$$v = \text{kecepatan kapal} : 16 \text{ knot} = 8,23 \text{ m/dt}$$

$$L = L_{WL} ; \text{panjang garis air} : 51,5 \text{ m}$$

$$\nu = 1,883 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{sehingga } R_n = 356681814,4$$

$$C_{F_o} = 1,746 \cdot 10^{-3}$$

Luas bidang basah lambung kapal  $S_{total}$  :

$$\text{Wetted Surface Area (WSA)} = 235,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Poros propeller} : D_{propeller} = 1/6 \cdot T = 1/6 \cdot 2,1 = 1,26 \text{ m}$$

$$D_{poros} = 1/6 \cdot D_p = 1/6 \cdot 1,26 = 0,21 \text{ m}$$

$$S_{poros propeller} = 1,5 \cdot \pi \cdot D_{poros}^2 = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,21^2$$

$$= 0,207 \text{ m}^2$$

S kemudi = Luas daun kemudi, menurut peraturan klasifikasi dari *Berau*

$$\text{Veritas} : A = T \cdot L \cdot (1 + 25(B/L)^2)$$



$$L_R / L = 0,157, \text{ sehingga}$$

$$L / L_R = 6,369, \text{ maka}$$

$$1+k_1 = 1,06$$

$$1+k_2 = \text{appendages drag : exposed shaft with buttock about } 10^\circ = 2$$

$$\text{shaft bracket} = 3$$

$$\text{Rudder} = 1,5$$

$$\text{shaft bracket : luas penampang} = 0,56 \cdot D_{POROS} =$$

$$0,56 \cdot 0,21 = 0,1176 \text{ m}^2$$

$$\text{Ukuran penampang : } L = \sqrt{5,3 \times \text{Luas Penampang}} = 0,789 \text{ m}$$

$$B = 1/4 L = 0,197 \text{ m}$$

$$l = 1/3 L = 0,263 \text{ m}$$

$$R = 1/4 L = 0,049 \text{ m}$$

$$r = 1/2 R = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Luas permukaan} = \pi \cdot r \cdot L = 0,124 \text{ m}^2$$

$$1+k_2 = \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i} = \frac{(1,36 \cdot 1,5) + (0,207 \cdot 2) + (0,124 \cdot 3)}{1,36 + 0,207 + 0,124} = 1,671, \text{ maka}$$

$$-1+k = 1+k_1 + (1+k_2 - (1+k_1)) \cdot \frac{S_{APP}}{S_{TOT}} = 1,064$$

$$\text{Wave making Resistance : } \frac{Rw}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^m \cdot Fn^d + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn^{-2})$$

$$\text{dimana } Fn \text{ adalah angka Froude, yaitu } Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot LwL}}$$

$$Fn = \frac{8,23}{\sqrt{9,81 \cdot 51,5}} = 0,36 \text{ karena } Fn \leq 0,4 \text{ maka}$$

$$C_1 = 223105 \cdot C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_e)^{-1,3757} \text{ dimana}$$

$$C_4 = B/L = 0,1009 \text{ dan } i_e = \text{half angle of entrance} = 9,5^\circ$$

$$\text{sehingga } C_1 = 0,3377$$

$$d = -0,9 \text{ dan } \lambda = 1,446 C_p - 0,03 \frac{L}{B} \text{ untuk } L/B < 12; L/B = 9,903, \text{ maka}$$

$$\lambda = 0,704$$

$$m_1 = 0,01404 \left( \frac{L}{T} \right) - 1,7525 \left( \frac{\nabla^{1/3}}{L} \right) - 4,7932 \left( \frac{B}{L} \right) - c_5 \quad \text{dan}$$

$$c_5 = 8,0798 c_p - 13,8673 c_p^2 + 6,9844 c_p^3 = -0,828 \text{ maka } m_1 = 0,4819$$

$$m_2 = c_6 \cdot 0,4 \cdot e^{-0,034 \cdot Fn^{-3,29}} \text{ dimana } c_6 = 1,69385 + \frac{(\frac{L}{\nabla^{1/3}} - 8)}{2,36} = 1,9, \text{ maka}$$

$$m_2 = 21,17$$



$$EHP_{(s)} = 229,6 \text{ HP} \times (1+27\%) = 539,295 \text{ HP}$$

$$EHP_{(s)} = P_E = 539,295 \text{ HP}$$

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} = \frac{1-t}{1-w} \eta_0 \eta_R, \text{ dimana } \eta_D = \text{propeller efficiency}$$

$P_D$  = delivery horse power

$t$  = thrust deductive factor

$w$  = wake fraction

$\eta_0$  = open water propeller efficiency

$\eta_R$  = rotative-relatif efficiency

komponen tersebut dicari dengan formula pendekatan :

$$t = 0,01979 \frac{LwL}{(B - B \cdot C_p)} + 1,0585 \frac{B}{LwL} - 0,00524 + (-0,1418 \frac{D^2}{(B \cdot T)})$$

dengan  $B = 5,2 \text{ m}$

$LwL = 51,5 \text{ m}$

$D$  = diameter propeller = 1,26m

$T = 2,1 \text{ m}$

$C_p = 0,693$

$$t = 1,709$$

$$w = \frac{BSC_v}{D \cdot T_A} \left( \frac{0,0661875}{T_A} + \frac{1,21756 \cdot C_v}{D(1-C_p)} \right) + 0,24558 \sqrt{\frac{B}{L(1-C_p)}} - \frac{0,09726}{0,95-C_p} + \frac{0,11434}{0,95-C_B}$$

dimana:  $C_{T'} = (1+k) C_F + C_A$

$$= 1,064 \cdot 1,746 \cdot 10^{-3} + 6,37 \cdot 10^{-4} = 2,49 \cdot 10^{-3}$$

$$w = 0,7929$$

$$\eta_R = 0,9922 - 0,5908 \frac{A_E}{A_0} + 0,07424 \cdot C_{PA}$$

dimana  $C_{PA} = C_P - 0,0225 \cdot Lcb = 0,837$

$$\frac{A_E}{A_0} = 0,7393$$

$$\eta_R = 0,6175$$

$$\eta_0 = 0,6461$$

$$\frac{P_E}{P_D} = 1,365 \text{ maka } P_D = \frac{291,59}{1,365} = 395,08 \text{ HP}$$

Brake Horse Power: BHP = (1+0,03) DHP = 406,93HP atau 229,43 KW

Mesin Induk yang dipakai :

Merk: DEUTZ MWM

Type: TBD 234 V6

Application: Catamarans, Gliders, and Hydrofoils

Power: 426 HP / 313KW

Speed: 2200 RPM

Bore : 105 mm

Stroke: 127 mm

Displ : 6,6 Lt

Engine weight, net dry: 1275 Kg

Transmission ratios : 1,3 - 3,9:1

Transmission weight : 380 Kg



#### 4.5.4 Perhitungan Berat Muatan

Displacemen kapal terdiri dari dua komponen utama, yaitu *Dead Weight Tonnage (DWT)* dan *Light Weight Tonnage (LWT)*. Sedangkan DWT dan LWT sendiri mempunyai beberapa komponen penting, yaitu:

Komponen DWT:

- Berat bahan bakar mesin utama
- Berat bahan bakar mesin bantu
- Berat minyak pelumas
- Berat awak kapal dan perlengkapannya
- Berat air tawar
- Berat air pendingin mesin
- Berat bahan makanan
- Berat muatan

Komponen LWT:

- Berat konstruksi, terdiri dari:
  - berat kulit lambung
  - berat konstruksi geladak
  - berat sekat, *superstructure*, dan keseluruhan *secondary structure*
- Berat mesin-mesin dan generator set
- Berat peralatan operasi

Perhitungan komponen berat DWT dipakai rumus pendekatan dari

*Lectures on Ship Design* oleh Herald Poels, yaitu:

1. Berat bahan bakar mesin induk:

$$W_{fo} = P_{me} \times b_{me} \times \frac{S}{V_d} \times 10^{-6} (1,3 - 1,5) \text{ (ton)}$$

dimana:  $P_{me}$  = daya mesin induk = 426 HP

$S$  = Radius pelayaran = 3170 mil laut

$V_d$  = kecepatan dinas kapal = 14 knot

$b_{me}$  = kebutuhan bahan bakar mesin = 169 gr/HP/jam

konstanta diambil 1,5

$$W_{fo} = 24,43 \text{ ton}$$

2. Berat bahan bakar mesin bantu:

$$W_{aux} = (0,1 - 0,2) W_{fo}$$

konstanta diambil 0,2, maka:

$$W_{aux} = 4,88 \text{ ton}$$

3. Berat minyak pelumas:

■ konsumsi minyak pelumas adalah 1-2 Kg/silinder/hari

■ jumlah silinder mesin 6 buah

$$W_{lo} = 2 \times V_1 \times \frac{S}{V_d} \times 10^{-3} \quad \text{dimana } V_1 \text{ adalah jumlah silinder mesin} = 6$$

$$W_{lo} = 2,7 \text{ ton}$$

4. Berat air pendingin

konsumsi : 2-5 Kg/HP

$$W_{cw} = 5 \times BHP \times 10^{-3} \text{ (ton)}$$

$$W_{cw} = 2,13 \text{ ton}$$

5. Berat awak kapal dan perlengkapan:



$$W_{c+l} = Z_c \times (P_c + P_l) \times 10^{-3} \text{ (ton)}$$

dimana:  $P_c$  = berat orang = 75 Kg/orang

$P_l$  = berat barang bawaan = 60 Kg/orang

$Z_c$  = jumlah awak kapal = 65 orang

$$W_{c+l} = 8,775 \text{ ton}$$

#### 6. Berat air tawar

Kebutuhan air tawar dihitung berdasarkan kebutuhan air tawar pada kapal pemanding, kapal dilengkapi dengan alat reverse osmosis sehingga dapat memproduksi air tawar dari air laut.

Pada kapal pemanding:

- kebutuhan air tawar/hari : 6000 Lt/hari
- produksi dengan reverse osmosis : 3000 Lt/hari
- Kapasitas tangki : 16000 Lt
- Jumlah awak kapal : 57 orang
- kebutuhan air/orang/hari :  $6000/57 = 105,26 \text{ Lt/orang/hari}$

Perhitungan kebutuhan air tawar pada catamaran:

- kebutuhan air tawar :  $65 \times 105,26 = 6841,9 \text{ Lt/hari}$
- Kapasitas tangki :  $\frac{6841,9 \times 16000}{6000} = 18246 \text{ Lt}$

$$\text{Berat air tawar} : 18246 \text{ Lt} \times 1000 \text{ gr/cm}^3 \times 10^{-3} = 18,246 \text{ Ton}$$

#### 7. Berat bahan makanan:

$$W_p = Z_c \times \frac{S}{V_d \times 24} \times P_p \times 10^{-3} \text{ (ton)}$$

dimana:  $P_p$  = kebutuhan makan awak kapal: 3-5 Kg/orang/hari

diambil 5 Kg/orang/hari

$$W_p = 3,06 \text{ ton}$$

Berat LWT dapat diperkirakan dari spesifikasi teknik peralatan yang akan dipasang, kecuali berat lambung dapat dihitung melalui rumus pendekatan.

1. Berat struktur:

Berat keseluruhan struktur untuk kapal anti ranjau dengan material lambung GRP dapat dihitung dengan rumus pendekatan dari buku *Design of Marine Structures in Composites Materials*, yaitu:

$$\frac{\text{Berat Total Struktur } (W_{st})}{\text{Displacement}} = 0,25$$

maka berat total struktur adalah:  $0,25 \times 446,4 = 111.6 \text{ ton}$  , dengan perincian:

$$\text{Berat kulit : } 0,55 W_{st} = 61,38 \text{ ton}$$

$$\text{Berat deck: } 0,22 W_{st} = 24,552 \text{ ton}$$

Berat sekat, superstructure, dan secondary structure :

$$0,23 W_{st} = 25,668 \text{ ton}$$

2. Berat permesinan:

Berat mesin induk : 1275 Kg

Berat transmisi : 380 Kg

Berat Generator set: 1413 Kg

Berat Gas Turbin Generator:  $3300 \text{ Kg} \times 3 \text{ unit} = 9900 \text{ Kg}$

Berat Bow Thruster :  $170 \text{ Kg} \times 2 \text{ unit} = 340 \text{ Kg}$

Berat steering gear : 4100 Kg



### 3. Berat Peralatan operasi:

Berat peralatan sistem buru ranjau TRIDENT III:5 Ton

Berat 2 unit PAP 104 :1400 Kg

Berat 6 person container decompression tank :3050 Kg

Berat 1 person compression tank :80 Kg

Setelah semua komponen berat telah dihitung, maka muatan kapal dapat diketahui.

#### Komponen DWT:

- Berat bahan bakar mesin utama :48,86 ton
- Berat bahan bakar mesin bantu :9,76 ton
- Berat minyak pelumas :5,4 ton
- Berat awak kapal dan perlengkapannya:8,775ton
- Berat air tawar :18,246ton
- Berat air pendingin mesin :4,26 ton
- Berat bahan makanan : 3,06 ton

#### Komponen LWT:

- Berat konstruksi :111,6 ton
- Berat mesin-mesin dan generator set:19,063 ton
- Berat peralatan operasi :9,53 ton

Muatan :Displacemen-(DWT+LWT)  
:446,4-(98,355+140,193) = 207,852 ton

#### 4.6 ANALISA DAN EVALUASI

Setelah didapatkan perencanaan awal kapal anti ranjau catamaran, maka dilakukan evaluasi untuk membandingkan kedua performa bentuk lambung, antara bentuk lambung tunggal (*monohull*) dan bentuk lambung ganda (*catamaran*) yang mana diantara kedua bentuk lambung tersebut yang mempunyai performa yang lebih baik untuk diterapkan sebagai kapal anti ranjau (*mine countermeasure vessel*).

##### 4.6.1 Ukuran utama kapal

Pada perencanaan awal catamaran, direncanakan mempunyai panjang garis air yang sama dengan kapal monohull pembanding, ukuran utama yang didapat dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

MODEL LAMBUNG	MONOHULL	CATAMARAN
PANJANG (M)	51,5	51,5
LEBAR (M)	8,9	5,2/ Widht: 20,7
SARAT (M)	2,5	2,1
TINGGI (M)	4,25	3,8
DISPLACEMENT (Ton)	484 - 599	446,4
KEC. MAXIMAL (Knot)	15	16
KEC. OPERASI (Knot)	7	7
DAYA MESIN UTAMA	1243 HP/925 KW	2 x 426HP/313KW
AKOMODASI	45 + 4 BERTH	65 BERTH

Tabel 4.2 Perbandingan ukuran utama



#### 4.6.2 Berat DWT dan LWT

Berat DWT dan LWT dari kedua jenis kapal adalah sebagai berikut :

	MONOHULL	CATAMARAN
<b>DWT :</b>		
Berat BBM Mesin Utama (Termasuk Cadangan)	68.85 ton	48.86 ton
Berat BBM Mesin Bantu	-	9.76 ton
Berat Minyak Pelumas	13.77 ton	5.4 ton
Berat ABK dan Bekal	8.775 ton	8.775 ton
Berat Air Tawar	16.000 Lt	18.25 ton
Berat Air Pendingin Mesin	13.05 ton	4.26 ton
Berat Bahan Makanan	3.06 ton	3.06 ton
Berat Muatan	214.535 - 280.535 ton	207.845 ton
<b>LWT :</b>		
Berat Konstruksi Lambung	125.5 ton	111.6 ton
Berat Mesin dan Genset	28.93 ton	19.06 ton
Berat Peralatan Operasi	9.53 ton	9.53 ton
Disalcemen Total	502 - 568 ton	446.4 ton

**Tabel 4.5 Perbandingan Displasemen Monohull dan Catamaran**

Dari tabel diatas dapat dilihat keuntungan dan kerugian catamaran dibanding monohull dalam hal berat dan komponen berat lainnya dari kapal.

Sedang untuk perencanaan luas geladak optimal dari kapal dapat diasumsikan secara kasar dengan pendekatan melalui luas kebutuhan ruang gerak tiap personel, posisi personil pada saat bekerja, luas yang dibutuhkan oleh setiap peralatan, dan luas ruang akomodasi minimal untuk personil yang biasanya telah ditetapkan oleh standar tertentu.

#### 4.6.2 Luas Geladak

Luas geladak yang didapatkan dari catamaran jauh lebih besar daripada monohull, hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

MODEL LAMBUNG	MONOHULL	CATAMARAN
BOTTOM (m <sup>2</sup> )	326,88	-
2 DECK (m <sup>2</sup> )	403,93	2 x 162,36
1DECK/MAIN DECK (m <sup>2</sup> )	418,43	1011,1
01 DECK (m <sup>2</sup> )	370,19	616,14
02 DECK (m <sup>2</sup> )	193,09	241,4
03 DECK (m <sup>2</sup> )	26,75 + 20,65	-
TOTAL (m <sup>2</sup> )	1758,98	2193,36

Tabel 4.3 Perbandingan luas geladak

Perbedaan untuk luas total yang dihasilkan sangat besar yaitu mencapai 24,46 % dan khusus untuk luas main deck dimana sebagian besar aktifitas kapal terpusat, perbedaan mencapai 141%.

#### 4.6.3 Analisa Stabilitas

Pada dasarnya stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mendapatkan gangguan. Dalam bahasan ini stabilitas dititik beratkan pada stabilitas melintang kapal, karena stabilitas melintang mempunyai pengaruh yang sangat besar.

Catamaran mempunyai stabilitas yang jauh lebih baik daripada kapal lambung tunggal, hal ini dapat dibandingkan dengan sketsa gambar berikut ini.





Pada lambung catamaran letak titik tangkap gaya-gaya yang bekerja tidak terletak satu garis pada posisi awal, antara titik berat  $G$  dan titik tekan terdapat jarak yang cukup besar. Sehingga pada posisi awalpun stabilitas awal kapal sudah baik.

Jika kapal mengalami olengan, maka momen stabilitas yang dihasilkan akan cukup besar, karena setiap lambung pada sisi kapal akan memberikan gaya tekan ke atas dikalikan pergeseran titik berat kapal ( $GG'$ ) yang besar.

Tetapi dengan lebar kapal yang sangat besar menjadikan letak titik metasentra ( $M$ ) sangat tinggi, hal ini akan mengakibatkan olengan kapal menjadi cepat (periode oleng kecil), meskipun amplitudo oleng kecil.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil analisa teknis dan evaluasi antara model lambung tunggal dan catamaran untuk diterapkan sebagai kapal penyapu ranjau, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karena kelebihan teknis model lambung catamaran dari segi penyediaan luas geladak, stabilitas, hambatan total kapal yang secara umum lebih baik dari model lambung tunggal, maka catamaran layak dan baik untuk diterapkan sebagai kapal penyapu ranjau.
2. Dengan panjang garis air yang sama antara kedua jenis lambung, catamaran mempunyai luas geladak 141% lebih luas (1,5 kali lebih luas dari lambung tunggal).
3. Kelemahan mendasar dari catamaran adalah periode oleng catamaran yang lebih kecil dari lambung tunggal, meskipun amplitudo oleng kapal juga kecil.

#### **5.2 SARAN**

Dari hasil analisa teknis diatas disarankan untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap masalah struktur, kekuatan, dan olah gerak kapal.

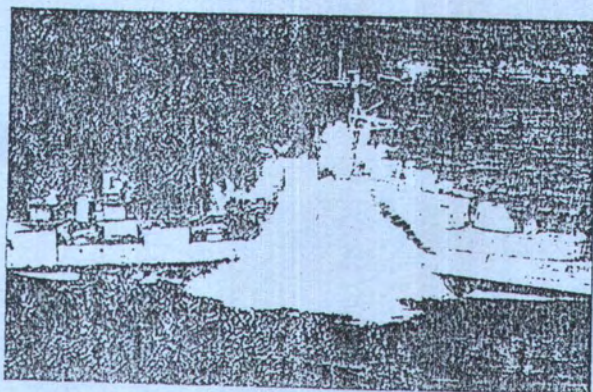
## DAFTAR PUSTAKA

1. Molland,A.F, Wellicome,J.F, Couser,P.R: **Resistance Experiments on A Systematic Series of High Speed Displacement Catamaran Forms: Variation of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draught Ratio**, The Royal Institution of Naval Architecture, Meeting in Southampton, 1995.
2. Poels, Herald : **Lectures on Ship Design and Ship Theory**, FTK-ITS
3. Harvald, Sv. Aa : **Tahanan dan Propulsi Kapal**, Dept. of Ocean Eng. The Technical University of Denmark, Lyngby, Airlangga University Press, 1992
4. Sceltema De Heere, R.F, Bakker, A.R : **Bouyancy and Stability of Ships**, George G. Harr & Co. Ltd, London,Toronto, Wellington, Sydney, 1970
5. Koestowo, S. W : **Kenyamanan Antara Kapal Penyeberangan Type Katamaran dengan Type Biasa**, Laporan Penelitian, FTK-ITS, 1989
6. U.S. Dept. of Commerce Maritime Administration: **Catamaran Study, Vol. I**, General Dynamic, Quincy Division, 1969
7. Smith, C. S, **Design of Marine Structure in Composite Materials**, Elseiver Applied Science, London & New York, 1990
8. Amelio M. D' Arcangelo, **Ship Design and Construction**, FTK-ITS
9. Holtrop, J : **a Statistical Resistance Prediction Method with A Speed Depend It Form Factor**, Maritime Research Institute Netherland, 1973
10. Ware, H. D : **Habitability in Surface Warships**, The Royal Institution of Naval Architects, London, Octpber 1986





11. Budiharjo, M : Kapal Penyapu Ranjau, Teknologi Strategi Militer 25, 1987
12. New Applications for Lightweight Minehunting Package, Jane's International Defence Review, Vol.No.31, March 1998
13. Lightweight LF Towed Sonar, Jane's International Defence Review, Vol.No.29, July 1996
14. Swedish Underwater System, Jane's International Defence Review, Vol.No.29, July 1996
15. David Foxwell, A : Naval ROV's: Alternatives Sought for Mine Neutralization, Jane's International Defence Review, Vol.No.30, May 1997
16. Jane's Fighting Ships 1994-1995, Uk, 1994
17. Underwater Warfare System, Uk, 1994



**LAMPIRAN**



### SWEEPING GEAR DM 19

Type	: Explosive Minesweeping Cutter
Stud link chains	: 20 mm
Steel wires	: 26 mm
Synthetic ropes	: 40 mm
Operation depth	: 3 - 200 m
Weight	: 4 Kg
Weight in water	: 2,3 Kg
Dimension	: 410 x 470 x 85 mm

### DOUBLE OROPESA

Length	: 200m
Depth	: 30 m
Sweep path	: 275 m

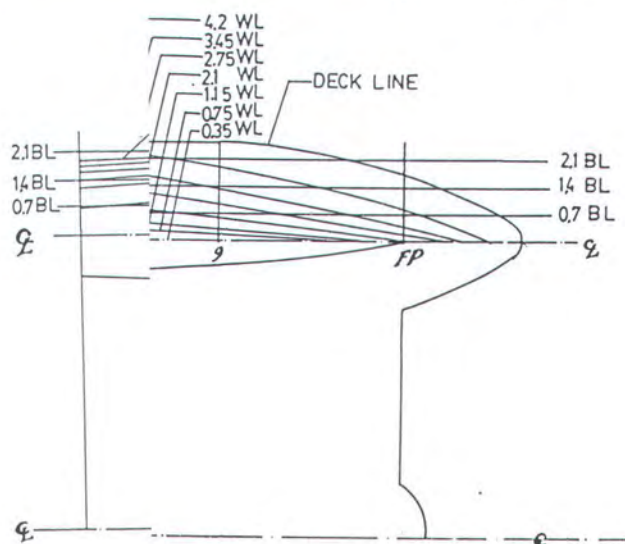
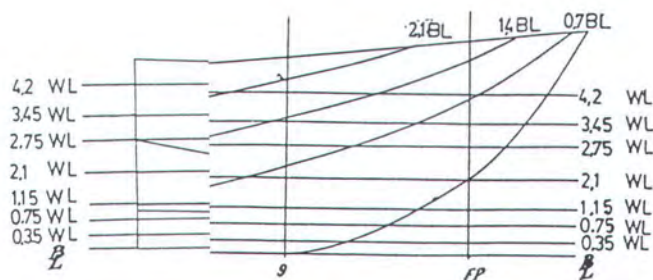
### DECOMPRESSION CHAMBER

Capacity	: 1 person
Max. work Pressure	: 5 bar
Max. Test Pressure	: 7,5 bar
L maximum	: 2200 mm
Outer diameter	: 834 mm
Inner diameter	: 540 mm
Weight	: 80 Kg

JENIS -JENIS RANJAU LAUT MENURUT PELETAKAN DAN CARA PELEDAKAN

	MINE DESIGNATION	FIRING MECHANISM	OVERALL WEIGHT (Kg)	EXPLOSIVE CHARGE (Kg)	MINE LAYING DEPTH		CASE DEPTH	
					MIN. (m)	MAX. (m)	MIN. (m)	MAX. (m)
BOTTOM	AMD - 1000	Influence	987	782	4	20	0	54.9
	AMD - 500	Influence	-	299	4	70	0	24.4
	KMD 1000	Influence	987	782	4	200	0	54.9
	KMD 500	Influence	500	300	4	70	0	24.4
	Mirab	Influence-Magnetic	279	64	2	-	0	9.1
MOBILE MOORED	?	Influence-Magnetic	-	-	40	70	0	-
	AMG 1	Contact-Chemical horn	1034	262	13	100	2	9
	M - 08	Contact-Chemical horn	-	115	6	110	0	6
	M - 12	Contact-Chemical horn	-	115	6	147	0	6
	M - 16	Contact-Chemical horn	-	116	6	366	0	6
	M - 26	Contact-Inertial	-	240	6	139	1	6
	M - A6	Antena	1089	230	80	454	0	91
	M - KB	Contact-Chemical horn	1089	230	0	300	6	9
	M - KB-3	Contact-Chemical horn	1061	200	0	273	0	9
	M Ya - M	Contact-Chemical horn	175	20	3	50	1	3
	M Ya - RM	Contact-Chemical horn	-	30	3/4	50	-	2
	PLT	Contact-Imp.-Inertial	839	230	9	139	0	9
	PLT - 3	Contact-Chemical horn	998	100	0	128	0	9
	UEP	Influence-Electric	-	227	0	490	0	-
OBSTRUCTOR RISING	MZ - 26	Influence-Acoustic	413	-	24	46	0	34
	Cluster Bar	Influence-Acoustic	-	230	80	200	0	609.6
	Cluster Gulf	Influence-Acoustic	-	230	80	200	0	-





TEKNIK PERKAPALAN  
FTK-ITS SURABAYA

AMARAN MINE HUNTER-SWEEPER

## LINES PLAN

1:100	TTD	TGL	CATATAN :
R: ACHMAD ZR	<i>[Signature]</i>		
GM SANTOSA	<i>[Signature]</i>	5/10/98	NRP 4194 100 068